

# Beschreibung der Arbeiten am Sutro-Tunnel im Staate Nevada, Vereinigte Staaten von Nordamerika.

Von  
**Georg Specht,**  
Ingenieur in San Francisco \*).

(Mit Zeichnungen auf Blatt Nr. 13 und 14.)

Bevor ich auf den eigentlichen Gegenstand meines Aufsatzes übergehe, will ich vor Allem erst einer Pflicht der Dankbarkeit nachkommen. Als ich im März des Jahres 1877 Europa verliess, hatte Herr E. Pontzen die Freundlichkeit, mir einige Zeilen an seine amerikanischen Freunde mitzugeben, unter andern auch eine Empfehlung an den Herrn Leverich, Secretär der „American Society of Civil Engineers“.

Ich wurde von diesem Herren in so zuvorkommender Weise empfangen, und von ihm wieder mit einer so grossen Anzahl Empfehlungsbriefen ausgerüstet, dass ich mich ihm zu grossem Dank verpflichtet fühle. Leider erlaubten persönliche Verhältnisse mir nicht, diese Empfehlungen im ganzen Umfange auszunützen. Ich habe eine derartige Liebenswürdigkeit bei allen amerikanischen Collegen angetroffen, dass ich nicht umhin kann, ihnen auch auf diesem Wege meinen Dank zu sagen.

In den folgenden Zeilen möchte ich eine möglichst ausführliche Schilderung des augenblicklich grössten Unternehmens im Westen der United States, des sogenannten Sutro-Tunnels geben, welcher schon so mannigfach die Aufmerksamkeit europäischer Fachkreise auf sich gezogen hat und dies auch wirklich verdient.

Um das Unternehmen richtig zu verstehen, sind vorerst einige Bemerkungen über die Verhältnisse der betreffenden Minendistricte nöthig.

Das Gebiet der Gold- und Silberminen Nevada's, hart an der Grenze Californiens, liegt in einer, sich vom Ostabhang der Sierra Nevada abzweigenden, von Süden nach Norden gerichteten Gebirgskette, die von den zwei Flüssen Carson-River und Truchee-River der Quere nach durchschnitten wird, und die sich allmählig zu den Oeden des „Great Basin“ hinabsenkt, in welchen sich die genannten Flüsse langsam verlieren. Der Name für dieses gesammte Minengebiet ist: „Washoe District“, dasselbe war früher, wie der ganze Ostabhang der Sierra Nevada, mit schönen Fichtenwäldungen bewachsen. Der Minenbau hat jedoch diesem Holzreichtume bald ein Ende gemacht und jetzt bildet die, durch ihr Inneres den Menschen so sehr anziehende Gegend ein ödes, baumloses Hügelland mit einer monotonen grünlich-grauen Färbung. Von den Höhen der Kette aus kann man einen Blick in die weiten Steppen Nevada's schweifen lassen, die hie und da durch blendend weisse salzige Ablagerungen unterbrochen sind, sonst aber einförmig grau erscheinen. An der westlichen Grenze dieser armen Einöde liegt die Gegend, aus deren Schooss der Mensch jährlich Millionen an Edelmetallen an's Tageslicht befördert. Nachdem schon während der früheren Jahre Gold in der dortigen Gegend

gefunden wurde, fanden im Jahre 1859 Peter O'Reilley und Patrik Mac Longhlin, die jetzt nach einem ihrer Gefährten „Comstock Lode“ genannte Ader. Dieselbe erstreckt sich von Süd nach Nord in einer von Baron von Richthofen auf 7300<sup>m</sup> geschätzten Länge und einer wechselnden Breite von 30<sup>m</sup> zu 60<sup>m</sup> am Ostabhang des 2380<sup>m</sup> hohen Mount Davidson.

Das in der Umgegend vorherrschende Gestein ist das von Richthofen Propylit genannte, ähnlich dem in den metallführenden Strecken Ungarns und Siebenbürgens vorkommenden; ausserdem Sanidin-Trachyt (hier einfach Trachyt genannt), der einen ausgezeichneten Baustein abgibt; ferner Syenit und Andesite.

Das die metallführende Ader ausfüllende Gestein ist Quarz und Letten. Das Streichen der Ader ist N. 15° E. und das Fallen E. 46°.

Die Hälfte ihres Metallinhaltes ist Gold, die andere Hälfte Silber. Um dieses zu gewinnen, waren im Jahre 1876 107 verschiedene Minen im Betriebe, die seit ihrem Bestehen zusammen Dollars 87,460.700 Dividende zahlten (im Jahre 1873 allein 22,000.000). Der Reichthum dieser Minen wird am klarsten ersichtlich, wenn man ihre Ausbeute mit jener der übrigen Welt vergleicht.

Es producirten im Jahre 1876 an Gold und Silber:

Die Vereinigten Staaten von Nordamerika,	Dollars 85,835.173
Australien . . . . .	„ 28,000.000
Mexiko und Südamerika . . . . .	„ 27,000.000
Russland . . . . .	„ 23,000.000
Die übrigen Länder . . . . .	„ 12,500.000
<hr/>	
zusammen Dollars	176,335.173

und davon die Minen der Comstock Lode allein 38,038.146, also circa  $\frac{1}{5}$ ; von diesen 38 Millionen Dollars waren 17,125.000 Gold.

Die Tiefe der Minen ist in einigen Fällen schon eine so bedeutende und dadurch ihr Betrieb ein so theurer geworden, dass viele derselben schon jahrelang keine Dividenden zahlten. Ein ähnliches Schicksal würde aber allen Minen bevorstehen, wenn nicht in irgend einer Weise Abhilfe geschaffen würde, was natürlich am radikalsten durch die Schaffung einer neuen Oberfläche, respective eines tiefer liegenden Horizontes geschehen kann und auch wirklich geschieht.

Ueber die sich steigernden Kosten der Schachtabteufung mit wachsender Tiefe gibt folgende Tabelle von der Mine „Gould and Curry Company“ Aufschluss.

Durchschnittliche Kosten eines Fusses Schachtabteufung:

bis 225' unter der Oberfläche . . . . .	Dollars 70.21
für die folgenden 200' . . . . .	„ 100.88
„ „ weiteren 200' . . . . .	„ 135.24
67' . . . . .	„ 189.50
187' . . . . .	„ 224.99
250' . . . . .	„ 342.65

Die Ophir-Mine musste am 2. Jänner 1872 in 24 Stunden 146.000 Gallonen Wasser heben und im März 1872 allein für das Pumpen des Wassers 5100 Dollars ausgeben; es mussten in dieser Mine im Durchschnitt 336 Tonnen Wasser per 24 Stunden gehoben werden, um 12 Tonnen Gestein zu gewinnen. In ähnlichem Maasse sind die Kosten des Transportes gewachsen.

\*) Dieser Aufsatz, bereits am Beginne des Vorjahres in der Wochenschrift angezeigt, konnte wegen des vielen zur Publication vorbereiteten Materials erst jetzt gebracht werden.  
D. R.

Um nun diesem Uebel gründlich abzuhelpen, trat im Frühjahr 1865 der Deutsche Adolf Sutro mit dem Projecte eines Tunnels hervor, der so angelegt werden sollte, dass durch ihn sämmtlichen Minen der Comstock Lode die Kosten des Wasserpumpens erspart und die Kosten des Transportes verringert würden.

Die Vortheile eines solchen Stollens sind durch die bereits praktisch ausgeführten Beispiele in Deutschland, Oesterreich etc. etc. genügend erwiesen.

Trotzdem aber hatte Herr Sutro mit unendlichen Schwierigkeiten zu kämpfen, um die am meisten dabei interessirten Parteien dazu zu bewegen, das Unternehmen thatsächlich zu unterstützen oder es wenigstens nicht zu bekämpfen. Seiner bewunderungswürdigen Energie und Ausdauer und seinem unerschütterlichen Vertrauen in die Richtigkeit seines Projectes allein ist es zu verdanken, dass das grosse Werk überhaupt begonnen werden konnte. Mit geringen Mitteln begann er am 19. October 1869 durch thatsächliche Inangriffnahme der Arbeiten sein Project zu verwirklichen.

Dasselbe basirte damals der Hauptsache nach auf folgende Programmpuncte, von welchen jedoch später mehrfach abgewichen wurde:

Die Tunnelmündung soll ungefähr  $3\frac{1}{2}$  englische Meilen nördlich der Stadt Dayton liegen und in senkrechter Richtung auf die Comstock Lode zugehen; seine Gesammtlänge bis dahin wird circa 21.178' (6420<sup>m</sup>) betragen und es sollen von ihm aus Seitenstollen zur Verbindung mit den verschiedenen Minen angelegt werden; ihre ungefähre Länge wird circa 17.688' (5370<sup>m</sup>) betragen. Der Haupttunnel soll durch vier abzuteufende Schächte und vom Mundloche aus, somit an neun Orten gleichzeitig, betrieben werden.

Die Gesammttiefe dieser Schächte wird ungefähr 4220' (1280<sup>m</sup>) betragen, so dass die Gesammtlänge des ganzen Werkes 43.086' (13.100<sup>m</sup>) betragen wird.

Das Querprofil des Tunnels soll in den festen Gebirgsschichten kreisförmig mit 12' (3·64<sup>m</sup>) Durchmesser sein, mit 2— $3\frac{1}{2}$ ' (1·65<sup>m</sup>) über der Sohle erhobenen Banquetten, auf welchen die doppelspurige Bahn zum Transporte zu liegen kommt.

Wo eine Zimmerung nöthig, sollen die Seitenwände gerade, das Profil im Firste 10' (3·04<sup>m</sup>), in der Höhe von 8' (2·43<sup>m</sup>), unter dem Firste, wo die Bahnen zu liegen kommen, 12' (3·64<sup>m</sup>) breit sein; der zwischen den Bahnen übrig bleibende untere Raum von 3' 7" (1·95<sup>m</sup>) dient zum Abführen des Wassers.

Die Wagen sollen einen Fassungsraum von 5 Tonnen haben und durch Drahtseil und stationäre Dampfmaschinen betrieben werden. Das Gefälle des Hauptstollens soll 1" auf 100' (0·83‰) betragen. Die Kosten des Hauptstollens wurden von Herrn Sutro auf Dollars 2.000.000 geschätzt; das tägliche Einkommen der Tunnel-Compagnie nach Vollendung des ganzen Werkes schätzt er auf Dollars 7200 oder ungefähr Dollars 2.500.000 per Jahr. Nach seiner Berechnung betragen die Kosten der Minenarbeit nach der jetzigen Methode per Jahr Dollars 18.891.151; durch den Sutro-Tunnel betrieben werden dieselben nur Dollars 9.499.000 betragen. Das Einkommen der Compagnie wird dadurch

aufgebracht, dass sie Verträge mit den einzelnen Minen abgeschlossen hat, wonach diese für den Fall, dass die Mine durch den Hauptstollen oder einen der Seitenstollen wirklich entwässert wird — an jene, für jede Tonne gewonnenen Gesteins Dollar 2, für jede Tonne Gesteins, die durch den Tunnel transportirt wird Dollar 1, und für jeden durch denselben beförderten Mann 25 cents. zahlen muss.

Von Seite des Staates Nevada wurde die Compagnie durch die Ertheilung des ausschliesslichen Rechtes unterstützt: für die nächsten 50 Jahre in der dortigen Gegend einen derartigen Tunnel zu betreiben.

Die Regierung der Vereinigten Staaten unterstützte das Unternehmen dadurch, dass sie der Compagnie 1280 acres (518 hectars) Land an der Tunnelmündung zum Preise von Dollars 1·25 per acres überlässt (worauf jetzt die Stadt Sutro angelegt wird), dass sie ihr das Recht zum Abbau eines 2000' (608<sup>m</sup>) breiten Streifen Landes beiderseits des Tunnels, das ist 5080 acres (2050 hectars) Minengebiet zum Preise von Dollars 5 per acre und ein bedeutendes Wegerecht einräumt, und endlich jede Mine verpflichtet, falls sie durch den Tunnel Nutzen hat, den oben aufgeführten Contract mit der Tunnel-Compagnie abzuschliessen.

Eine Subvention in baarem Gelde, wie sie in den letzten Jahren von Seite der Compagnie angestrebt wurde (Dollars 5.000.000), ist nicht gewährt worden.

Der Bau des Tunnels wird nun in Wirklichkeit folgendermassen betrieben.

### Bauausführung.

#### 1. Hauptstollen.

Derselbe wurde am 19. October 1869 begonnen und in einer Grösse von  $6\frac{1}{2}' \times 6\frac{1}{2}'$  als Firststollen mit Handarbeit vorgetrieben. Im ersten Jahre bis zum 1. December 1871 wurde nur in Tagschichten mit 15 Mann gearbeitet. Im December 1871 wurde die Arbeiterzahl bedeutend vermehrt, drei Schichten zu je acht Stunden eingeführt und alle Einrichtungen für Maschinenbohrungen im Stollen und in den Schächten begonnen. Die Bohrlöcher werden dreimännig abgebohrt, und zwar in einer Tiefe von 2' zu 5' (0·62<sup>m</sup> bis 1·52<sup>m</sup>), je nach der Gesteinsart.

Waren zwei Löcher fertig, so wurden dieselben gemeinsam abgeschossen, was nach der in den hiesigen Minen gebräuchlichen Weise derart geschah, dass vorerst eine in die Löcher eingeführte und abgefeuerte Dynamit-Patrone das untere Ende des Loches erweiterte und dann erst das ganze Loch mit Schwarzpulver geladen und abgeschossen wurde. Das so gelöste Materiale wurde in kleine Cars geladen und mit Maulthieren hinausgeführt.

Der mit Handarbeit erzielte mittlere tägliche Fortschritt betrug in den Jahren:

1870	1871	1872	1873	1874
3·6' (1·09 <sup>m</sup> )	2·6' (0·79 <sup>m</sup> )	2·3' (0·70 <sup>m</sup> )	3·5' (1·06 <sup>m</sup> )	4·0' (1·25 <sup>m</sup> )
oder in gutem Gestein 3·6' (1·09 <sup>m</sup> ) und in hartem Gestein 2·3' (0·70 <sup>m</sup> ).				

Im Mai 1874, bei einer Gesammtlänge des Stollens von 5866' (1780<sup>m</sup>) wurde die Handarbeit durch Maschinenarbeit ersetzt. Schon im Jahre 1872 trug man sich mit der

Absicht, die Diamant-Bohrmaschine, die beim Abteufen der Schächte benützt wurde, auch im Stollen und in der Erweiterung desselben anzuwenden.

Es sollten vor Ort zwei Bohrmaschinen, durch Wasserkraft betrieben, verwendet werden. Der zur Verfügung stehende hydraulische Druck war 675 Pfd. per Quadrat-Zoll ( $475^{kg}$  per Quadrat-Centimeter) angegeben. Die Wasserkraft wollte man durch das aus den Schächten heraufgepumpte Wasser gewinnen. Die Bohrkronen bestanden aus hartem Messing mit 20 Diamanten und hatten einen Durchmesser von  $1\frac{3}{4}$ " ( $4.45^{cm}$ ). Das bei den Versuchen angebohrte Gestein bestand aus Conglomeraten, Breccien und Trachyten.

Dieses verhältnissmässig weiche Gestein konnte natürlich keine günstigen Resultate ergeben; die Löcher fielen nach der Herausnahme der Bohrer zum Theil zusammen oder verloren wenigstens ihre cylindrische Form; auch lösten sich Diamanten aus der Krone los, die auf diese Weise verloren gingen. Es wurden im Ganzen 542' ( $165^{m}$ ) Bohrlochlänge in einer Gesamtzeit von 720 Stunden hergestellt; für 1' respective 1<sup>m</sup> Bohrlochlänge gebrauchte man somit 1 Stunde 20 Minuten respective 4 Stunden 20 Minuten.

Die grösste Tiefe eines Bohrloches betrug 22.5' ( $6.84^{m}$ ); die mittlere 10' ( $3.04^{m}$ ). Bei diesen Versuchen wurde die Bohrmaschine mit Dampf betrieben, der in  $1\frac{1}{2}$ " ( $3.8^{cm}$ ) Gasröhren zugeleitet wurde; der Bohrer machte 500 Umdrehungen per Minute. Nach diesen Versuchen ist man von der Verwendung der Diamant-Bohrmaschinen im Stollen abgegangen. Die gleichzeitig angeschafften Burleigh-Bohrmaschinen kamen erst im Mai 1874 in eigentlichen Betrieb. Man fing hier zuerst mit einer Maschine an und verwendete dann vier, endlich sechs Maschinen auf einem Karrengestell.

Der Stollen wurde jetzt in der Grösse von  $8' \times 14'$  ( $2.43^{m} \times 4.26^{m}$ ) vorgetrieben, später jedoch, bei der Stollenlänge von 7392' ( $2245^{m}$ ), auf  $8' \times 10'$  ( $2.43^{m} \times 3.04^{m}$ ) reducirt. Der mit den Burleigh-Maschinen gemachte mittlere Fortschritt betrug in den Jahren:

1874	1875	1876
9.86' ( $3.01^{m}$ )	11.08' ( $3.38^{m}$ )	11.2' ( $3.41^{m}$ )
oder in Kubik-Meter 22.4, 25.1 und 25.4.		

Die Woche vom 15. bis 22. October 1874 ist im Wochenrapport als eine Woche angegeben, in der Alles nach Wunsch ging; der Fortschritt in derselben war 81' ( $24.6^{m}$ ), d. i. per 24 Stunden 11.58' ( $3.51^{m}$ ). Einen besonders hohen Fortschritt erzielte man in den Tagen vom 7. auf den 11. Jänner 1875, nämlich über 15' ( $4.56^{m}$ ) in 24 Stunden.

In den Monaten Mai und Juni 1875 wurden für die Arbeiter folgende Prämien ausgesetzt, um einen möglichst hohen Fortschritt zu erzielen, und zwar:

Für jeden Fuss über 300 bis 400' . . . . .	Pfund 5
400 bis 500' . . . . .	" 10
500' . . . . .	" 20

Der in diesen beiden Monaten erzielte Fortschritt war 309' ( $94^{m}$ ) respective 358' ( $109^{m}$ ), was einem mittleren Tagesfortschritt von 10.30' ( $3.13^{m}$ ) respective 11.90' ( $3.62^{m}$ ) entspricht.

Aus diesen Daten ersieht man, dass bei einem Stollenquerschnitt von  $80\text{□}$  ( $7.34\text{□}^{m}$ ) in hartem Trachyt und Propylit mit sechs Burleigh-Maschinen ein mittlerer Stollen-

querschnitt von 11.5' ( $3.34^{m}$ ) angenommen werden kann, was einer Masse von 920 Kubikfuss ( $24.8^{km}$ ) Ausbruchsmateriale entspricht. Die treibende Kraft war comprimirt Luft, die durch einen, respective zwei Burleigh-Compressoren von 12" Cylinder geliefert wurde. Die grosse Anzahl der reparaturbedürftigen Burleigh-Maschinen veranlasste im Mai 1876 zu Versuchen mit der damals neu in Anwendung gekommenen Ingersoll-Bohrmaschine\*). Nach einem vergleichenden Versuche der beiden Systeme im August 1876 wurden die 22 Burleigh-Maschinen, welche die Compagnie besass, ausser Gebrauch gesetzt und durchwegs Ingersoll-Bohrmaschinen verwendet.

Der monatliche Fortschritt hat sich zwar mit diesem Systemwechsel nicht vergrössert, wohl aber ist es als ein Fortschritt anzusehen, dass man jetzt, seit 18. April 1877, mit vier Bohrmaschinen fast dasselbe leistet als früher mit sechs Maschinen.

Die seitdem gemachten mittleren täglichen Fortschritte sind:

1876	1877
11.1' ( $3.38^{m}$ )	9.52' ( $2.91^{m}$ )
33.0 Kubik-Zoll ( $25.2^{cm}$ )	28.3 Kubik-Zoll ( $21.7^{cm}$ )

Die zum Betriebe dieser Bohrmaschinen nöthige comprimirt Luft wird durch einen Compressor mit 16" ( $40^{cm}$ ) Cylinder, von der Firma Humboldt in Kalk bei Deutz am Rhein, erzeugt; derselbe steht am Schacht Nr. 2. Von ihm wird die comprimirt Luft direct ohne Zwischen-Reservoir an die Röhrenleitung abgegeben. Letztere hat anfänglich einen inneren Durchmesser von 10" ( $25.4^{cm}$ ), dann von 6" ( $15.3^{cm}$ ) und endlich von 3" ( $7.6^{cm}$ ); von ihr aus wird die Luft in ein kleines am Bohrgestelle befindliches Reservoir geleitet, welches dann die Luft durch vier Gummischläuche an die vier Bohrmaschinen abgibt. Die den Compressor treibende Kraft ist Dampf. Die Bohrlöcher wurden, je nach der Gesteinsart 18—28 an der Zahl angelegt, und zwar die beiden mittleren Reihen in gegen einander und gegen die Mitte der Brust geneigter Lage; diese werden zuerst abgeschossen. Die durchschnittliche Länge der Löcher ist 8' ( $2.44^{m}$ ), dieselben haben anfänglich einen Durchmesser von 2.5" ( $6.35^{cm}$ ) und verjüngen sich allmählig auf 1.5" ( $3.81^{cm}$ ); sie werden mit Nobel'schem Dynamit Nr. 1 geladen, und zwar zu unterst zwei Patronen, dann der Zünder und darüber wieder eine Patrone. Auf diese Weise ist  $\frac{1}{4}$  der Bohrlochlänge ausgefüllt. Ein Besatz wird nicht gemacht. Die Entzündung geschieht durch Frictions-Electricität. Die Förderung des gelösten Materiales erfolgt in der Weise, dass dasselbe mit der Schaufel in die bereitstehenden Karren geladen wird und diese dann durch Maulthiere an die Tunnelmündung gebracht werden. Von der Verwendung von Locomotiven ist man wieder abgekommen.

## 2. Erweiterung.

Im ersten Theil des Tunnels und bis zu 5730' ( $1741^{m}$ ) wurde, wie erwähnt, der Firststollen mit den Ausmassen von  $6\frac{1}{2}' \times 6\frac{1}{2}'$  ( $1.98^{m} \times 1.98^{m}$ ) vorgetrieben. Später

\*) Eine ausführliche Beschreibung dieser Bohrmaschine, sowie der neuen hier jetzt im Gebrauche stehenden, soll in einem nächsten Aufsatze folgen.

wurde derselbe durch eine beiderseitige Erweiterung auf die Grösse von  $8' \times 8'$  ( $2.43^m \times 2.43^m$ ) gebracht und zur Durchführung dieser Arbeit nur Handbohrung angewendet. Für den jetzt vorgetriebenen Stollen ist vorläufig keine Erweiterung in Aussicht genommen, da derselbe für die Anlage eines Doppelgleises von je  $21''$  ( $53.2^cm$ ) Spurweite sich als weit genug erweist.

### 3. Schächte.

Die oben erwähnten vier Schächte haben von der Tunnelmündung der Reihe nach folgende Entfernungen:

Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4
4915' ( $1355^m$ )	9065' ( $3730^m$ )	13.545' ( $4500^m$ )	17.695' ( $4900^m$ )
und es betragen ihre respectiven Tiefen:			
523' ( $159^m$ )	1041' ( $316^m$ )	1361' ( $413^m$ )	1485' ( $451^m$ )

Sie sind nicht zu einer solchen Zeit angefangen worden, dass von ihnen aus ein beträchtliches Stück Tunnel hätte getrieben werden können.

Der Schacht Nr. 1 wurde am 14. April 1873 beendet und von ihm aus nach beiden Seiten hin der Stollen getrieben, nach Osten war nach einer Länge von  $145^m$  die Verbindung mit dem Hauptstollen hergestellt (27. October 1873).

Der Schacht Nr. 2 kam erst am 18. April zu seiner vollen Tiefe. Derselbe hat für den Vortrieb des Stollens eigentlich gar nichts genützt, da das von ihm aus nach beiden Seiten hin vorgetriebene Stück Stollen  $170'$  ( $51.7^m$ ), respective  $171'$  ( $52.0^m$ ) lang, wegen mittlerweile erfolgter Aenderung der Steigung von  $1''$  auf  $100'$  ( $0.83\%$ ) in  $3''$  auf  $100'$  ( $2.5\%$ ) zu tief lag und deshalb wieder ausgefüllt werden musste.

Die Schächte Nr. 3 und 4 sind nach Erreichung einer Tiefe von  $456'$  ( $138.5^m$ ) respective  $674'$  ( $204.5^m$ ) wegen zu grossen Wasserandranges für immer aufgegeben worden.

Der Querschnitt der Schächte in den Ausmassen von  $5' \times 10'$  ( $1.52^m \times 3.04^m$ ) ist in zwei Theile getheilt, von denen der eine  $5' \times 5'$  ( $1.52^m \times 1.52^m$ ), der andere  $4' 2'' \times 5'$  ( $1.26^m \times 1.52^m$ ) misst. Die eine Abtheilung diente zum Auf- und Abstieg der Leute und zur Material-Förderung, welche durch einen, an einem flachen Drahtseil befestigten schmiedeisernen Kübel in Verbindung mit einer Dampfwinde vermittelt wurde. Die zweite Abtheilung diente für die Ventilation und Wasserhaltung und zur Anbringung von Reservefahrten, die für den Fall eines Unglückes im Schachte von den Arbeitern benützt werden konnten. In gewissen Höhenabständen waren die Schächte mit seitlichen Einbrüchen, zur Aufnahme von Pumpen und Reservoirs versehen, um die Wasserhaltung zu ermöglichen. In einer Entfernung von  $2250'$  ( $683^m$ ) vom Stollenmunde wurde ein Luftschacht mit einem Querschnitte von  $5' \times 5'$  ( $1.52^m \times 1.52^m$ ) abgeteuft ( $211'$  oder  $64^m$ ), der während der Zeit der Ausweitung des Stollens gleichzeitig als Förderschacht diente. Derzeit ist von allen Schächten nur der Schacht Nr. 2 im Betriebe.

Nach den Erfahrungen beim Bau des Sutrö-Tunnels erwies sich die Diamant-Bohrmaschine zur Abteufung von Schächten und zu Sondirungen als sehr brauchbar, hingegen zum Bohren der Löcher für die Sprengarbeit zu kostspielig.

Sehr nützlich war die Diamant-Bohrmaschine bei der Abzapfung des Wassers im Schachte Nr. 2.

Es wurde nämlich beim Vortrieb des westlichen Stollens von der Sohle dieses Schachtes aus eine so starke Wasserader angeschlagen, dass die Pumpen den Wasserandrang nicht mehr bewältigen konnten, das Wasser stieg im Schachte bis auf  $100'$  ( $30.4^m$ ) unter der Oberfläche [Höhe der Wassersäule  $940'$  ( $286^m$ )] und es blieb dasselbe so lange stehen, bis man mit dem Hauptstollen dem Schachte auf circa  $100'$  ( $30.4^m$ ) nahe gekommen war. Nun bohrte man mit der Diamant-Bohrmaschine ein  $2''$  ( $5^cm$ ) weites,  $98'$  ( $29.8^m$ ) langes Loch und gestattete so dem im Schachte Nr. 2 angesammelten Wasser einen Abfluss durch den Hauptstollen. Drei Stunden nach dem Eintritte desselben hatte sich der Wasserspiegel im Schachte um  $128'$  ( $38.9^m$ ) gesenkt.

Die durchschnittliche Geschwindigkeit des Abbohrens betrug per 15 Minuten  $18''$  ( $47^cm$ ) und die totale für das Abbohren des Loches verwendete Zeit 51 Stunden.

### 4. Ventilation.

Die Zuführung guter Luft wird durch einen Ventilator nach System Root Nr. 1 besorgt, der circa 140 Umdrehungen in der Minute macht. Die Luft wird durch  $8''$  ( $20.3^cm$ ) Röhren aus galvanisirtem Eisen in den Tunnel geleitet; das letzte Stück der Leitung besteht aus einer Röhre von über Tonnenreife gespanntem Segeltuche, die während des Schiessens zurückgenommen wird. Um möglichst bald nach dem Abschiessen wieder athembare Luft zu haben, wird nach vollendeter Abbohrung aller Löcher der Hahn der Luftleitung geschlossen, während der Compressor, jedoch mit geringerer Geschwindigkeit weiter arbeitet.

Nachdem die Löcher geladen und Alles zum Abschiessen fertig ist, öffnet der Feuerwerker beim Zurückgehen den Hahn. Die comprimite Luft tritt mit hohem Drucke aus und bewirkt eine derartig rasche Reinigung der Luft vor Ort, dass schon nach zwei Minuten wieder an die Arbeit gegangen werden kann.

### 5. Arbeiter-Verhältnisse.

Wie oben erwähnt, wird in drei Schichten à 8 Stunden gearbeitet. Während einer Schicht arbeiten im Stollen:

bei den 4 Bohrmaschinen je 2 Mann = 8 Mann.

dann 1 Feuerwerker,

1 Vormann und

2 Karrentreiber, zusammen 12 Mann.

Ausserdem kommen während der Tagschicht noch sieben Leute dazu, die alle Arbeiten zu verrichten haben, welche auf die Geleise, Reparaturen, Auszimmerungen etc. Bezug haben. Diesen gesammten Arbeiten im Tunnel steht ein Aufseher vor; das Schuttern wird durch die vorher an den Maschinen und mit dem Laden beschäftigten Arbeiter und Aufseher besorgt. Die Arbeitslöhne sind folgende:

Erster Vormann . . . . .	Dollars 8 40	Francs)
Zweiter " . . . . .	6 (30	" )
Maschinist . . . . .	6 (30	" )
Feuerwerker, Maschinenwärter,		
Schmied, Zimmermann . . . . .	5 (25	" )
die übrigen Arbeiter je . . . . .	4 (20	" )

Ausserhalb des Tunnels sind beschäftigt 1 Zimmermann, 1 Maschinist, 2 Maschinengehilfen, 2 Heizer, 2 Schmiede, 2 Schmiedgehilfen, in Summe 12 Mann.

Diese arbeiten in zwei Schichten à 12 Stunden.

Es beträgt somit die Anzahl sämtlicher Arbeiter, die bei der Ausführung dieses grossartigen Unternehmens

beschäftigt sind, Alles in Allem bloss 70 Mann, ein Beweis für die Tüchtigkeit und Arbeitskraft des amerikanischen Arbeiters, der sich eben nicht weigert, alle und jede Arbeit, die der Augenblick gerade erfordert, zu leisten und seinen Stolz darein setzt, dieselbe rasch und gut auszuführen.

**Resultate der Maschinenbohrung am Sutro-Tunnel,  
Nevada, Vereinigte Staaten von Nordamerika.**

Jahr	Monat	Monatlicher Fortschritt		Mittlerer täglicher Fortschritt	Anzahl der gebohrten Löcher per Monat	Totallänge aller Bohrlocher per Monat		Mittlere Tiefe eines Bohrloches	Verbrauch an Dynamit per Monat	Verbrauch an Zündern per Monat	Anzahl der abgenutzten Bohrer per Monat	Auf 1 <sup>m</sup> Stellenfortschritt entfallen					Anzahl der Arbeitstage per Monat	Monatlicher Fortschritt in Kubikm.	Auf 1 <sup>kbm</sup> gelösten Materials entfallen																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
		lfd. Mtr.	Mtr.			lfd. Mtr.	Mtr.					Kilogr.	Stück	Anzahl der Bohrlocher	Länge der Bohrlocher	Verbrauch an Dynamit			Verbrauch an Zündern	Anzahl der abgenutzten Bohrer	Anzahl der Bohrlocher	Länge der Bohrlocher	Verbrauch an Dynamit	Verbrauch an Zündern	Anzahl der abgenutzten Bohrer																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
1874	Mai .....	46.9	1.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

**Schluss.**

In dem beigelegten Diagramm habe ich einen graphischen Vergleich zwischen den monatlichen Fortschritten am Mont-Cenis-Tunnel, St. Gotthard-Tunnel und Sutro-Tunnel gemacht. Dasselbe gibt ein klares Bild über die Entwicklung der Bohrmaschinen-Technik und über die Differenz zwischen Handarbeit und Maschinenarbeit. Dieser Vergleich

ist auf die Leistung nach Kubikmass (englisch Kubikfuss) basirt. Die Einführung des Kubikmasses bei Vergleichen über Tunnelbau-Fortschritte ist gewiss berechtigt, wenn man bedenkt, dass die Querschnittsflächen der verschiedenen Tunnelbauten nicht so sehr von einander verschieden sind, dass man wegen der Anstellbarkeit von mehr oder weniger Arbeitern oder Maschinen, von einem grösseren oder geringeren Vortheile, einer grösseren oder geringeren An-

griffsfläche reden könnte. Um auch die verschiedenen Härtegrade des Gesteins in der Vergleichung zum Ausdruck zu bringen, möchte ich in Anregung bringen, dass bei allen derartigen Angaben, ausser dass die Fortschritte nicht im Längenmasse sondern im Kubikmasse angegeben werden, die Härtegrade, oder besser gesagt, die Gewinnungsfähigkeit dadurch zum Ausdruck gebracht werden, dass man die (monatlich, wöchentlich oder täglich) geförderten Massen mit bestimmten Verhältnisszahlen multiplicirt; diese Zahlen — Gewinnungs-Coëfficienten — müssten nach der Schwierigkeit der Gewinnung bestimmt werden. Die bei den meisten Bahngesellschaften in Gebrauch stehende Classification ist danach bestimmt, mit welchen Geräthen die Massen gewonnen werden müssen. Es liegt nahe, diese Classification für die Bestimmung der erwähnten Coëfficienten zu benutzen.

Dies ist jedoch für Tunnelbauten nicht ausreichend. Für Schussgestein liessen sich gute Verhältnisszahlen aus der Anzahl der abgetätzten Bohrer und dem Verbrauch von Dynamit gewinnen, und zwar indem man die Summe der auf eine Cubikeinheit entfallende Gewichtseinheit verbrauchten Dynamit und der auf dieselbe Einheit entfallenden Anzahl abgetätzter Bohrer als Coëfficienten für die Gewinnbarkeit des Gesteins — Gewinnungs-Coëfficienten — annimmt und damit die gewonnene Kubikmasse multiplicirt. Man würde so eine Zahl erhalten, in welcher sowohl der Stollenquerschnitt als auch das Verhalten des Gesteins gegen das Abbohren und gegen das Sprengen ausgedrückt wäre.

Man kann sich dadurch über die Leistungsfähigkeit einer Maschine ein klares Bild verschaffen, indem ungünstige Gesteinsverhältnisse durch einen grösseren Multiplicant ausgeglichen werden.

## Ueber Erd-Berechnungsmethoden

und

### über Hilfstabellen zur Berechnung der Querschnittsflächen von Auf- und Abträgen.

Von

**Adolph Schmoll v. Eisenwerth,**

Ingenieur in Firma: „Gebr. Klein, A. Schmoll & E. Gaertner, Bauunternehmer in Wien“.

(Mit Zeichnungen auf Blatt Nr. 15.)

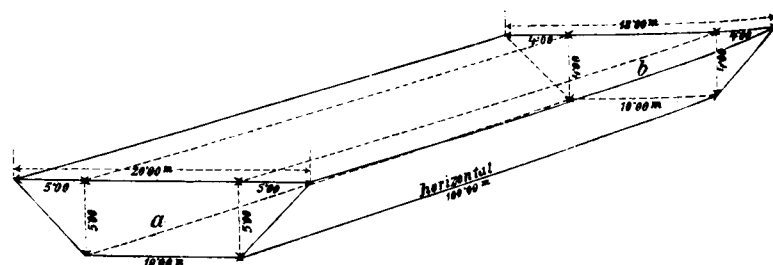
Ueber die beim Erdbau zur Anwendung gelangenden Körper-Berechnungsmethoden und über die Hilfsmittel zur Abkürzung der Massen-Ermittelungen ist schon so Vieles geschrieben und veröffentlicht worden, dass es fast den Anschein hat, als wäre dieser Gegenstand zur Genüge beleuchtet. Und dennoch erregt es bei manchem Fachmann noch immer Erstaunen zu hören, dass die allgemein gebräuchliche Erd-Berechnungsmethode — welche im Wesentlichen darin besteht, das arithmetische Mittel der Flächeninhalte zweier auf einander folgender Querprofile mit der horizontalen Entfernung letzterer multiplicirt, als den kubischen Inhalt des dazwischen liegenden, seitlich geböschten Erdkörpers zu betrachten — unrichtig ist.

Obleich L. Henz, königl. preussischer Geheim-, Regierungs- und Baurath, in seinem Werke: „Praktische Anleitung zum Erdbau“, Berlin 1868; ferner Dr. E. Winkler, oedntlicher

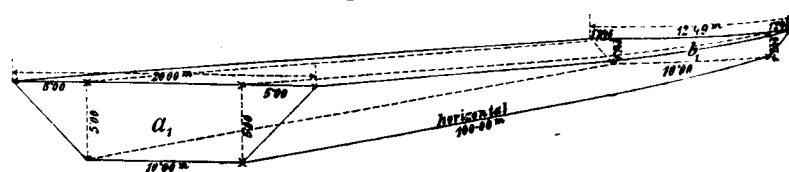
Professor für Eisenbahn- und Brückenbau, auf Seite 57 seines Elaborates: „Der Eisenbahn-Unterbau“, nach den Vorträgen über Eisenbahnbau, gehalten an der k. k. technischen Hochschule in Wien“, Prag 1874, dann Joh. G. Schoen, o. ö. Professor an der k. k. technischen Hochschule in Brünn, in seiner interessanten Abhandlung: „Ueber Raumberechnung unregelmässiger Körper“ — veröffentlicht in der „Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins“, XXIX. Jahrgang, 1877, VI. Heft — und vor diesen Autoren schon andere auf die Fehler, welche bei Anwendung der obgenannten annähernden Berechnungsmethode begangen werden, aufmerksam gemacht haben, so erscheint es uns doch als zweckmässig, durch einige Zahlen-Beispiele darauf hinzuweisen, dass die allgemein eingebürgerte Erd-Berechnungsmethode um so unrichtigere, zu grosse Resultate ergibt, je mehr die Flächeninhalte der beiden Querschnitte, welche den als Prismatoid zu betrachtenden Erdkörper an seinen verticalen Kopfflächen begrenzen, von einander abweichen.

Nehmen wir beispielsweise an, es handle sich um die Raumermittlung der beiden mit Fig. 1 und 2 bezeichneten Erdkörper trapezförmigen Querschnittes.

Figur 1.



Figur 2.



Nach der im allgemeinen Gebrauch stehenden Methode ist der Rauminhalt des Körpers Fig. 1:

Profil  $a$  hat einen Flächeninhalt von  $75 \cdot 0 \square m$

„  $b$  . . . . .  $56 \cdot 0 \square m$

$$\frac{100 \cdot 0}{2} \times 131 \cdot 0 \square m = 6550 \cdot 0 \text{ kbm}$$

und derjenige des Körpers Fig. 2:

Profil  $a_1$  hat einen Flächeninhalt von  $75 \cdot 0 \square m$

„  $b_1$  . . . . .  $14 \cdot 0 \square m$

$$\frac{100 \cdot 0}{2} \times 89 \cdot 0 \square m = 4450 \cdot 0 \text{ kbm}$$

Dagegen ergibt die richtige (stereometrische) Berechnungsmethode für den kubischen Inhalt des Körpers Fig. 1:

1. Mittelkörper (1 abgekürzter Keil) =

$$100 \times 10 \times \frac{5 + 4}{2} = 4500 \cdot 00 \text{ kbm}$$

2. Seitenkörper (2 abgestutzte dreieckige Pyramiden) =

$$2 \times \frac{100}{3} \times \left( \frac{5 \times 5}{2} + \frac{4 \times 4}{2} + \sqrt{\frac{5 \times 5}{2} \times \frac{4 \times 4}{2}} \right) = 2033 \cdot 33 \text{ kbm}$$

$$\text{Zusammen} = 6533 \cdot 33 \text{ kbm}$$

und für denjenigen des Körpers Fig. 2:



$$1. \text{ Mittelkörper (1 abgekürzter Keil) } = 100 \times 10 \times \frac{5 + 1.245}{2} = 3122.50^{\text{kbm}}$$

$$2. \text{ Seitenkörper (2 abgekürzte dreieckige Pyramiden) } = 2 \times \frac{100}{3} \times \left( \frac{5 \times 5}{2} + \frac{1.245 \times 1.245}{2} + \sqrt{\frac{5 \times 5}{2} \times \frac{1.245 \times 1.245}{2}} \right) = 1092.47^{\text{kbm}}$$

$$\text{Zusammen} = 4214.97^{\text{kbm}}.$$

Das Mehrausmass, infolge Anwendung der allgemein gebräuchlichen Berechnungsweise anstatt der richtigen (stereometrischen), beträgt für den durch Fig. 1 dargestellten Erdkörper

$$= (6550.00 - 6533.33) = 16.67^{\text{kbm}},$$

dagegen für den durch Fig. 2 dargestellten

$$= (4450.00 - 4214.97) = 235.03^{\text{kbm}}.$$

Da für die kubischen Inhalte der beiden keilförmigen, aber eine constante Breite beibehaltenden Mittelkörper, Fig. 1 und 2, nach beiden Methoden berechnet,  $4500.0^{\text{kbm}}$ , beziehungsweise  $3122.50^{\text{kbm}}$  gefunden wird, so ist es evident, dass die constanten Mehrausmasse aus der auf die Seitenkörper angewendeten annähernden Berechnungsweise resultiren, nach welcher jeder der beiden Böschungskörper als dreiseitiges Prisma anstatt als dreiseitiger Pyramidalstutz behandelt wurde. Auf die richtigen Kubikinhalte der Böschungskörper vertheilt, betragen die oben berechneten Mehrausmasse:

für Fig. 1 =  $0.82\%$ , und für Fig. 2 =  $21.51\%$ .

Das percentuelle Mehrausmass für Erdkörper von constanter Sohlenbreite, begrenzt an beiden Enden von trapezförmigen Querprofilen, identisch mit denjenigen von  $a$  und  $b$  in Fig. 1, beziehungsweise von  $a_1$  und  $b_1$  in Fig. 2, bleibt selbstverständlich constant, einerlei ob wir uns die betreffenden Querprofile in horizontalen Abständen von je  $1^{\text{m}}$ , oder von je  $100^{\text{m}}$  aufgestellt denken. Das percentuelle Mehrausmass steht demnach in directer Beziehung zu dem Flächenverhältniss der Böschungsdreiecke, welche als Basen abgestutzter Pyramiden zu betrachten sind.

In dem Erdkörper Fig. 1 verhalten sich die Flächen der grossen Basen der abgestumpften Pyramiden zu denjenigen der kleinen wie  $25:16$ , d. i. die Fläche jeder der kleinen Basen bildet den  $\frac{1}{1.5625}$ ten Theil von der Fläche der ihr entsprechenden grossen Basis, wobei sich das aus der allgemein üblichen (annähernden) Raumberechnungs-Methode ergebende Mehrausmass, gegenüber dem aus der stereometrischen Berechnungsweise resultirenden Körperinhalt auf  $0.82\%$  gestellt hat.

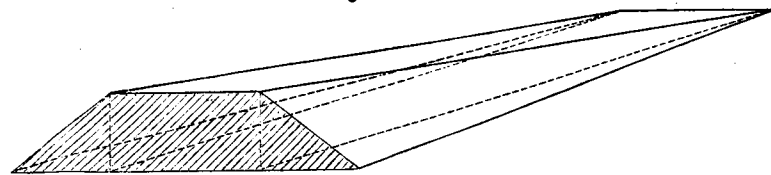
In Fig. 2 bildet die kleine Basisfläche eines jeden dreiseitigen Pyramidalstutzes den  $\frac{1}{16.129}$ ten Theil von der grossen, und haben wir für diesen Fall ein Mehrausmass von  $21.51\%$  von dem auf stereometrische Weise berechneten Rauminhalt constatirt.

Die Abweichung zwischen den Resultaten der beiden in Betracht gezogenen Berechnungsmethoden erreicht für Erdkörper von constanter Sohlenbreite, wie dies z. B. bei Eisenbahn-, Strassen- und Schiffahrtscanal-Anlagen der Fall ist, ihren Gipfelpunct dann, wenn der zu bemessende Einschnitt, beziehungsweise Damm, wie Fig. 3 zeigt, an einem Ende auf Null ausläuft.

Für diesen Fall beträgt das durch die annähernde Methode berechnete Volumen der Seitenkörper (Böschungs-

Pyramiden)  $50\%$  mehr als dasjenige für genannte Körper nach den Grundlehren der Stereometrie ermittelte.

Figur 3.



Auf Grund derartiger vergleichender Berechnungen haben wir die hier beigelegte „graphische Darstellung des percentuellen Mehrausmasses eines nach der allgemein gebräuchlichen Methode (Mittelschnittfläche multiplicirt mit der horizontalen Entfernung zwischen den beiden Querprofilen) berechneten Böschungskörpers, im Vergleich zum Volumen desselben, als Pyramide behandelten Körpers“ construiert, welche eventuell zur Richtigstellung der in obigem Sinne aus der gewöhnlichen Erd-Berechnungsmethode sich ergebenden Rauminhalte benützt werden kann.

Im Vorangehenden wurde das Mehrausmass in Percenten, ausschliesslich auf das stereometrische Volumen der Böschungs-Pyramide bezogen, ausgedrückt.

Für Eisenbahn-, Canal- und Strassenanlagen mit constanten Sohlen- oder Kronenbreiten, könnte das fragliche Mehrausmass auf ähnliche Weise in Percenten vom stereometrischen Inhalte des zwischen je zwei verticalen Querschnitten liegenden Theiles eines Einschnittes, beziehungsweise eines Dammes, in graphischer Form dargestellt werden, wobei die Verhältnisszahlen der trapezoidischen Profilflächen zu einander zu ermitteln, und in den diesen Flächenverhältnissen entsprechenden Abständen als Ordinaten aufzutragen wären.

Beispielsweise beträgt das Mehrausmass für den Erdkörper Fig. 1 bei  $10^{\text{m}}$  Planiebreite  $0.255\%$ , dagegen bei  $5^{\text{m}}$  Planiebreite  $0.389\%$ ; und für den Erdkörper Fig. 2 bei  $10^{\text{m}}$  Planiebreite  $5.576\%$ , dagegen bei  $5^{\text{m}}$  Planiebreite  $8.856\%$  vom richtigen (stereometrischen) Kubikinhalte des betreffenden Prismatoides.

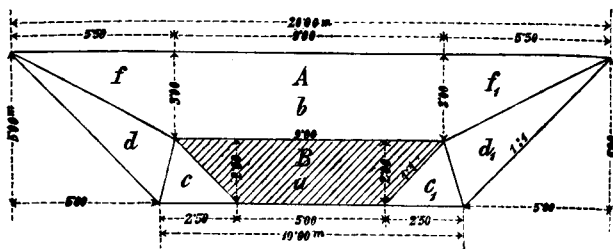
Die Percentsätze sind also hier kleiner als die eingangs berechneten, weil in beiden Fällen die infolge Anwendung der annähernden Berechnungsmethode begangenen Fehler — bei Fig. 1 =  $16.67^{\text{kbm}}$ , bei Fig. 2 =  $235.03^{\text{kbm}}$  — unverändert geblieben und jetzt auf eine mehr oder weniger grosse Masse vertheilt sind, je nachdem der Mittelkörper zu  $10^{\text{m}}$  oder zu  $5^{\text{m}}$  Breite angenommen und in Rechnung gezogen wurde, wogegen dieser Mittelkörper vorher ganz unberücksichtigt geblieben war. Es geht daraus hervor, dass für jede bestimmte Planiebreite die Curve der percentuellen Mehrausmasse eine andere sein muss.

Der in Rede stehende Fehler nimmt noch viel bedeutendere Dimensionen an, wenn es sich um die Raumberechnung von Prismatoiden handelt, wie solche z. B. bei dem Erdbau von Ent- und Bewässerungs-Canälen, deren Sohlenbreiten in der Richtung des Gefälles allmähig zu-, beziehungsweise abnehmen, vorkommen.

Das Flächenverhältniss der auf einander folgenden Querprofile ist, wie aus dem Folgenden ersichtlich gemacht wird, dann nicht mehr massgebend zur eventuellen Richtigstellung der aus der gewöhnlichen Raum-Berechnungsmethode hervorgehenden Resultate. Wir haben gesehen, dass die auf den Körperinhalt von Fig. 2 bezügliche Differenz zwischen den Resultaten der gewöhnlichen und der richtigen Berechnungsmethode  $235.03^{\text{kbm}}$  über den wirklichen Kubikinhalte dieses Erdkörpers betrug, und dass

in diesem speciellen Falle die beiden verticalen Schnittflächen sich zu einander verhalten wie  $75\text{m}^2 : 14\text{m}^2$ . Ermitteln wir jetzt nach beiden Methoden das Volumen eines Prismatoides, dessen Länge und dessen beide parallelen Schnittflächen mit denjenigen von Fig. 1 ganz identisch sind, dessen Sohle sich aber allmählig verbreitert. In Fig. 4 ist ein solcher Erdkörper von  $100\text{m}$  Länge, dessen beide Schnittflächen  $A$  und  $B$  sich theilweise decken, dargestellt.

Figur 4.



Die gewöhnliche Berechnungsmethode ergibt hiefür:

$$\text{Profil } A = 75\text{m}^2 \quad \text{Profil } B = 14\text{m}^2 \quad \frac{89\text{m}^2}{2} \times 100\text{m} = 4450\text{m}^3\text{kbm},$$

wogegen die geometrische Berechnung folgendes Resultat liefert:

$$\text{Prisma } a = \frac{5\text{m} + 9\text{m}}{2} \times 2\text{m} \times 100\text{m} = 1400\text{m}^3\text{kbm}$$

$$\text{Keil } b = 9\text{m} \times \frac{3\text{m}}{2} \times 100\text{m} = 1350\text{m}^3\text{kbm}$$

Pyramiden:

$$c \text{ und } c_1 = 2 \times \frac{2\text{m} \times 2\text{m}}{2} = 5\text{m}^2$$

$$d \text{ und } d_1 = 2 \times \frac{5\text{m} \times 2\text{m}}{2} = 10\text{m}^2$$

$$f \text{ und } f_1 = 2 \times \frac{5\text{m} \times 3\text{m}}{2} = 16\text{m}^2$$

$$\frac{100\text{m}}{3} \times 31\text{m}^2 = 1050\text{m}^3$$

$$\text{Zusammen} = 3800\text{m}^3 = 3800\text{m}^3\text{kbm}$$

$$\text{Differenz zwischen beiden Resultaten} = 650\text{m}^3\text{kbm}$$

Das aus der allgemein gebräuchlichen aber fehlerhaften Massen-Berechnungsmethode resultirende Mehrausmass beträgt in diesem speciellen, auf Fig. 4 bezüglichen Falle

$$= (3800 : 650\text{m}^3\text{kbm} :: 100 : x) = 17\cdot105\%$$

vom wirklichen Volumen, wogegen der Fehler bei dem von gleich grossen Schnittflächen begrenzten Erdkörper Fig. 2, dessen Sohlenbreite eine constante war, nur  $5\cdot576\%$  betrug.

Denkt man sich die beiden Querprofile  $A$  und  $B$ , Fig. 4, in einem horizontalen Abstand von  $100\text{m}$ , mit anderen Worten, wäre der Erdkörper zehnmal länger als in obiger Berechnung angenommen wurde, so würde die Differenz zwischen beiden Resultaten auch zehnmal grösser sein; sie würde dann  $6500\text{m}^3\text{kbm}$  betragen.

Der Percentsatz von  $17\cdot105$  würde jedoch hiedurch nicht alterirt werden.

So wünschenswerth es nun auch wäre und so sehr auch wir dafür sind diese unrichtige Berechnungsmethode nur da in Anwendung zu bringen, wo nur annähernde Massen-Ermittlungen verlangt werden, dieselbe dagegen aber überall dort durch die richtige Methode zu ersetzen, wo es sich um genaue Ueberschläge, quasi um das Mein und Dein handelt, so liegt doch

die Befürchtung sehr nahe, dass es einstweilen bei diesem frommen Wunsche verbleiben wird, weil der Durchführung einer derartigen Massregel viele nicht zu unterschätzende Schwierigkeiten entgegenstehen. Wenn die Massenberechnung nach der richtigen Weise bei Schiffahrtsanal-, Strassen- und Eisenbahnbauten von constanten Sohlenbreiten schon eine sehr complicirte und zeitraubende Arbeit ist, so ist sie es in noch viel höherem Grade bei der Ausführung von Ent- und Bewässerungscanälen mit variablen Sohlenbreiten.

Aber abgesehen von diesen Schwierigkeiten, welche ja bei den Massen-Ermittlungen von Kunstbauten einem längst überwundenen Standpunct angehören, indem das hergestellte Beton-, Ziegel- und Bruchstein-Mauerwerk nach der stereometrischen Methode berechnet wird, würde die Durchführung der erwähnten Massregel auf ein viel grösseres, sowohl das pecuniäre Interesse der Bauvergeber, als auch dasjenige der die Erdbauten ausführenden Arbeiter, Accordanten und Bau-Unternehmer direct berührendes Hinderniss stossen. Wir meinen die mit Einführung der richtigen Körper-Berechnungsmethode behufs der Massen-Ermittlung beim Erdbau verbundene gleichzeitige Erhöhung der Einheitspreise. So lange nämlich die Erdbewegungen nach dem unrichtigen (annähernden) Berechnungsverfahren bemessen werden, wird dem Ausführenden ein bedeutend grösseres als das tatsächlich ausgeschachtete, transportirte und angeschtüttete Volumen verrechnet, und zu den diesem Verfahren entsprechenden Einheitspreisen bezahlt. Diese Einheitspreise, welche je nach den verschiedenen Bodengattungen und je nach der Art und Weise der ausgeführten Erdbewegung variiren, sind aber nicht etwa auf die Beobachtungen, welche man in kleinem Massstabe durch Ausschachtung von Erdkörpern in der regelmässigen Form von geraden Prismen gemacht hat, basirt, sondern auf ausgedehnte Erfahrungsergebnisse, welche während der Ausführung von grossen Erdbauten, namentlich bei der Herstellung von Eisenbahnen und Canälen, gesammelt wurden, wobei das verrechnete Volumen der bewegten Erdmassen um ein Bedeutendes grösser war als dasjenige, welches sich durch Anwendung des geometrischen Raum-Berechnungsverfahrens ergeben haben würde. Beispielsweise erforderte das Lösen und Laden des aus Lehm bestehenden Einschnittes, Fig. 4, 8900 Stunden eines Arbeiters, woraus das Erfahrungsergebniss abgeleitet wurde, dass zum Lösen und Laden eines Kubikmeters

Lehm, unter ähnlichen Umständen,  $\frac{8900}{4500} = 2$  Stunden eines Arbeiters erforderlich sind. Wendet man aber die stereometrische Berechnungsmethode auf diesen concreten Fall an, so findet man, dass zu der fraglichen Leistung  $\frac{8900}{3800} = 2\cdot34$  Stunden eines

Arbeiters verwendet worden sind. Da hier die Leistung eines Arbeiters infolge Anwendung der richtigen Körperberechnung sich um  $17\cdot105\%$  geringer herausstellt, so müsste der auf dieses Erfahrungsergebniss basirte Einheitspreis für eine ähnliche in Zukunft auszuführende und nach den Grundlehren der Stereometrie zu bemessende Erdarbeit folgerichtig um  $17\cdot105\%$  erhöht werden, vorausgesetzt, dass der locale Tagelohn unverändert bleiben würde.

Die Aufgabe: zu ermitteln um wie viel Percente die bisher in Verwendung stehenden, einer jeden Boden- und Arbeitsgattung entsprechenden Erfahrungsergebnisse, beziehungsweise Einheitspreise zu erhöhen wären, um sie mit der in Zukunft eventuell zur Durchführung gelangenden Anwendung der richtigen Massen-



Erhebung in Einklang zu bringen, ist sicherlich keine leichte, und bedarf sehr umfassender und eingehender Studien.

In so lange aber die bisher gebräuchliche unrichtige Berechnungsweise nicht durch die richtige ersetzt, und in so lange die Anwendung der letzteren nicht ausdrücklich in den diesbezüglichen Bedingnissen, welche dem Ausführenden vor der Offertverhandlung, resp. vor Vertragsabschluss, bekannt zu geben sind, vorgeschrieben ist, hat auch selbstverständlich die Bemessung der Erdarbeiten nach dem allgemein bestehenden Usus, d. i. nach der annähernden Berechnungsweise zu geschehen\*).

Die Volumberechnung nach der bisher gebräuchlichen Methode ist in Folge Anwendung des Planimeters behufs Flächen-Ermittlung der Querprofile um ein Wesentliches erleichtert worden, obgleich dieses Instrument die Fläche auch nicht direct, sondern erst nachdem das Resultat mit einer Verhältnisszahl multiplicirt wird, angibt. Unseres Dafürhaltens sollte die Flächen-Ermittlung von Querprofilen vermittelst des Planimeters nur zum Zwecke von Vorausschlägen oder zur Controle genauer Flächenberechnungen zulässig sein. Bei Massenberechnungen, behufs Aufstellung von endgiltigen Verdienstaussweisen, resp. Abrechnungen, sollte die erste und massgebende Flächen-Ermittlung der Querprofile auf dem gewöhnlichen Rechnungswege oder auch mit Zuhilfenahme von Tabellen, immerhin aber mit Benützung von Original- oder berechneten Maassen stattfinden; dagegen könnte die Gegenrechnung mit Benützung von abgegriffenen Maassen oder auch mit Anwendung des Planimeters geschehen, so wie dies z. B. bei den königl. preussischen Eisenbahnbauten für die zum Zwecke der Grundentschädigung aufzustellenden Flächenberechnungen Vorschritt ist. Obgleich das Planimeter an und für sich in geübter Hand sehr brauchbare Resultate liefert, so hängt doch deren Genauigkeitsgrad nicht allein von der Zuverlässigkeit des Instrumentes, sondern von vielerlei anderen Umständen ab, wie z. B. von der Richtung, nach welcher hin die Figur umfahren wird\*\*), von der Glätte des Papiers, von der Veränderlichkeit des letzteren, und hauptsächlich von der mehr oder minder grossen Genauigkeit, mit welcher die Figuren nach dem Massstabe aufgetragen worden sind.

Handelt es sich um die Massenberechnung einer grösseren Erdarbeit, über welche keine nach dem Massstabe genau aufgetragenen Profile, sondern nur dürftig cotirte Skizzen vorhanden sind, wie dies bei Vorprojecten häufig der Fall ist, so ist man nach wie vor genöthigt, die Profil-

\*) Gelegentlich der Abrechnungen über die ausgeführten Erd- und Kunstbauten eines bedeutenden Bewässerungs-Canales, welche ich 1864—1865 als Vertreter einer spanischen Bau-Unternehmung in der Provinz Quadalajara (Neu-Castilien, Spanien) ausgeführt habe, wurde von Seiten der die Concessionäre vertretenden englischen Ingenieure das Ansinnen gestellt, die Erdarbeiten nicht (wie dies vorher behufs Verabfolgung von Abschlagszahlungen geschehen war) nach der allgemein üblichen, sondern nach der stereometrischen Methode zu berechnen, ein Ansinnen, welches — da in den Bedingnissen von keiner der beiden Berechnungsmethoden die Rede war — von Seite der Bau-Unternehmung mit Erfolg zurückgewiesen wurde.

\*\*) Siehe: „Ein Beitrag zur Leistungsfähigkeit der in der Praxis hauptsächlich verwendeten Planimeter“, von Prof. Dr. Wilh. Tinter. „Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins“, XXIX. Jahrgang, 1877. Hefte VIII und IX.

flächen mit oder ohne Zuhilfenahme von Tabellen zu berechnen. Letztere lassen sich in zwei Haupt-Kategorien einteilen, nämlich in graphische Tabellen und in Zahlen-Tabellen.

Als zu den erstgenannten gehörend, bezeichnen wir hier beispielsweise die einer besonderen Erwähnung werthen: „Tableaux graphiques, faisant connaître sans calculs les surfaces des profils et les cubes des terrassements en terrain horizontal, pour des platesformes de 0 à 20 mètres de largeur et pour des hauteurs de 0 à 20 mètres; par E. Mathieu, Ingénieur.“ („Nouvelles annales de la construction“, 11<sup>e</sup> Année, 1865, Décembre.)

Der Ausdruck „sans calculs“ ist hier nicht wörtlich zu nehmen, weil man auch mit Zuhilfenahme dieser graphischen, übrigens sehr sinnreich construirten Tabellen, ohne zu rechnen keine Massen-Ermittelungen bewerkstelligen kann. Die fünf verschiedenen Böschungs-Parabeln und die zwanzig Linien, welche die Sohlenbreiten darstellen, und welche sich alle am unteren Rande der Tabelle in einem Punkte vereinigen, kreuzen sich mit den die Flächeninhalte bezeichnenden Linien der Abscissen und Ordinaten oft unter so spitzen Winkeln, dass von einer leichten, dem erforderlichen Genauigkeitsgrad entsprechenden Ablesung nicht die Rede sein kann. Ein in der Massenberechnung geübter Techniker dürfte in derselben Zeit, welche erforderlich ist um die Kubikinhalte vermittelst graphischer Tabellen zu erheben, die Resultate auch auf dem gewöhnlichen Rechnungswege zu ermitteln im Stande sein.

Zur zweiten Kategorie gehörend, erwähnen wir hier beispielsweise die noch in altem Maasse verfasste „Tabelle zur Flächenberechnung des Querschnittes eines eingeleisigen Auf- und Abtrags-Profiles des Eisenbahnplanums bei horizontalem Terrain“, welche in dem bereits citirten Werke: „Praktische Anleitung zum Erdbau“ von L. Henz (Berlin 1868, Verlag von Ernst und Korn) enthalten ist; ferner die „Flächentafeln zur Kubatur-Berechnung bei Eisenbahn-Projecten“ von Carl Kökert (Wien 1873, Verlag von Lehmann und Wentzel), und schliesslich die „Tabellen zur Berechnung der Querschnittsflächen der Auf- und Abträge von variablen Planiebreiten für Strassen- und Eisenbahnkörper“ von L. Merth (Wien 1873, Selbstverlag und in Commission bei Carl Gerold's Sohn).

Sowohl betreffs der Tabellen von C. Kökert, als auch derjenigen von L. Merth verweisen wir auf die diesbezüglichen, in Heft VI 1873, beziehungsweise Heft V 1874, in der „Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins“ enthaltenen Recensionen.

Die Tabellen von L. Henz, und auch die von Kökert, finden eine sehr beschränkte Anwendung, weil die berechneten Querschnitte sich nur auf eine, resp. auf zwei ganz bestimmte Planiebreiten beziehen, und weil das natürliche Terrain der Quere nach als horizontal vorausgesetzt ist.

Die Tabellen von L. Merth, welche nur für sieben ganz bestimmte Böschungsverhältnisse berechnet sind, haben allerdings den Vortheil über die vorgenannten, dass sie zur Flächenberechnung von Querprofilen mit variablen Planiebreiten\*) und

\*) Es heisst zwar in der Einleitung, welche genannten Tabellen vorgeht, dass auf Mittel gedacht werden musste, für jede beliebige Planiebreite mit Anwendung von Hilfstafeln die Querschnittsflächen zu berechnen. Zur Berechnung currenter Bahnstrecken mögen diese Tabellen zweifelsohne ausreichen; für breitere Einschnitte und Anschüttungen, wie solche z. B. bei Bahnhofsanlagen vorkommen, aber

sowohl für horizontales als auch für geradlinig ansteigendes Terrain verwendet werden können.

Zur Flächenberechnung von Querprofilen bei horizontalem Terrain leisten, unserer Ansicht nach, Hilfstabellen im Allgemeinen keine wesentlichen Dienste, da in diesem Falle die Ermittlung der oberen Einschnitts-, beziehungsweise unteren Dammbreite nach dem gegebenen Planum und dem Böschungsverhältniss eine sehr einfache Operation ist. Dagegen sind solche Tabellen von relativ grossem Werth, wenn es sich um die Flächenberechnung von Querprofilen bei geneigtem Terrain handelt, weil die Bestimmung der durch die convergirenden Böschungs- und Terrainlinien erzeugten Durchschnittspunkte und die sich hieraus ergebende Einschnitts- oder Dammbreite auf gewöhnlichem Rechnungswege eine sehr zeitraubende Arbeit umfasst.

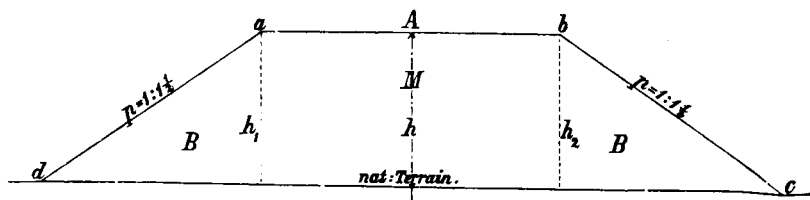
Da sich die letztere nur auf die Böschungs-Dreiecke erstreckt, die Flächenberechnung des mittleren, der Planiebreite entsprechenden Trapezes keinerlei Schwierigkeiten bietet, so dürfte es empfehlenswerth sein, die Anwendung solcher Hilfstabellen auf die Berechnung der genannten Flächendreiecke zu beschränken.

Die als ein zusammenhängendes Ganzes zu betrachtenden und auf die im Vorhergehenden berührte Idee basirten, in ein möglichst knappes Format gedrängten Flächenberechnungstabellen I, II und III, welche wir hiermit den verehrten Fachgenossen zur geeigneten Kenntniss bringen, sind bei horizontalem und bei abschüssigem Terrain, sowohl für Einschnitte als auch für Anschüttungen von trapezoidischem oder von dreieckigem Querschnitte (Anschnittsprofile), für alle beim Erdbau vorkommenden Böschungsverhältnisse und für jede beliebige Planiebreite verwendbar und leicht verständlich.

Sie reichen vorläufig bis zu Tiefen, beziehungsweise Höhen von 0 bis 21<sup>m</sup> in verticalen Abständen von 5 zu 5<sup>cm</sup>, können jedoch nach Belieben weiter ausgedehnt werden. Die Flächen der Böschungs-Dreiecke sind bis zu vier Decimalstellen, d. i. bis zu einem zehntausendstel Quadratmeter, resp. bis zu 1<sup>cm</sup> berechnet.

Die Methode, welche bei der Anlage dieser Tabellen zu Grunde gelegt wurde, besteht ihrer Wesenheit nach in Folgendem:

Figur 5.



Das Trapez  $a, b, c, d$ , Fig. 5, ist in drei Theile, nämlich in die beiderseitigen — bei horizontalem Terrain ganz gleich grossen — rechtwinkligen Dreieckflächen  $B$  und  $B$ , und in das der Planiebreite entsprechende rechtwinklige Parallelogramm  $M$  zerlegt. Die erste Columnne der Tabelle I enthält die in Fig. 5 mit  $h_1$  und  $h_2$  bezeichneten Höhen, beziehungsweise Tiefen des Dammes oder des Einschnittes. Die Fläche eines der beiden Dreiecke  $B B$  ist bei horizontalem Terrain für die

nicht; denn beispielsweise ist die Querschnittsfläche einer Anschüttung von 90<sup>m</sup> Kronenbreite und von nur 4<sup>m</sup> Höhe mit Zuhilfenahme der Tabelle für  $1\frac{1}{2}$ fussige Böschungen nicht mehr berechenbar. — Auch sind für jedes Böschungsverhältniss andere Terrainneigungen angenommen.

Höhe  $h_1$  oder  $h_2$  von 0 bis 21<sup>m</sup>, für das Böschungsverhältniss von  $1:1\frac{1}{2}$ , berechnet und in der zweiten Columnne enthalten. Die Fläche des mittleren Theiles  $M$  ergibt sich durch eine einfache Multiplication der Höhe  $h$  mit der Planiebreite  $ab$ , und man benöthigt folglich zu ihrer Ermittlung keiner Tabelle. (Schluss folgt.)

## Tender-Locomotive

für normalspurige, von der k. k. Direction für Staats-Eisenbahnbauten ausgeführte Localbahnen.

Von

G. Plate,

Ober-Ingenieur, Vorstand der Abtheilung für Oberbau, Mechanik und Fahrbetriebsmittel der k. k. Direction für Staats-Eisenbahnbauten.

(Mit Zeichnungen auf Blatt Nr. 16.)

Die Localbahnen Kriegsdorf-Römerstadt, Unterdrauburg-Wolfsberg, Müzzuschlag-Neuberg und Erbersdorf-Würbenthal, deren Ausführung der k. k. Direction für Staats-Eisenbahnbauten übertragen wurde, werden sämtlich mit Steigungen von 10 bis zu 20 per Mille angelegt und beträgt der gestattete Minimal-Radius der Curven 150<sup>m</sup>. Die Maximalgeschwindigkeit ist für diese Bahnen mit 15<sup>km</sup> per Stunde normirt.

Die genannten Localbahnen sind sämtlich Abästungen von Hauptbahnen, und wurde von dem Grundsatz ausgegangen, dass die normalen Lastwagen der Hauptbahnen auf dieselben übergehen sollen.

Dem entsprechend wurde der Oberbau für eine Achsenbelastung von 9 Tonnen construiert, und diese Ziffer gleichzeitig als die Maximal-Belastung einer Achse der neu zu beschaffenden Locomotiven festgestellt.

Bei keiner der genannten Localbahnen ist ein bedeutender Personenverkehr, wohl aber ein ziemlich reger Frachtenverkehr in der Richtung gegen die Anschlussstrecke zu erwarten. Dieser Umstand, sowie der allgemeine Charakter der Einfachheit und Billigkeit für den Bau wie für den Betrieb, der sich bei den Localbahnen ausprägen soll, ferner die gegebenen nicht unbedeutenden Steigungsverhältnisse, weisen naturgemäss auf die Wahl einer dreifach gekuppelten Tender-Locomotive hin, deren Totalgewicht im ausgerüsteten Zustande durch die vergeschriebene Maximal-Achsenbelastung sich auf höchstens 27 Tonnen stellen durfte.

Eine weitere unerlässliche Bedingung war ferner, wegen vielfacher Anwendung der Minimal-Radien von 150<sup>m</sup>, ein kleiner Radstand.

Endlich wurde principiell das Fahren mit verkehrter Maschine gestattet, welche Bestimmung bei der Construction der Steuerung in's Gewicht fiel, und den Entfall von Drehscheiben auf den Endstationen nach sich zog.

Unter Zugrundelegung der angeführten Constructions-Principien wurde nachfolgend beschriebene und in Blatt Nr. 16 dargestellte Tender-Locomotive im Bureau des Verfassers durch den Ingenieur Herrn Gerabek construiert, und gelangten vorläufig drei Stück durch die Wiener-Neustädter Locomotiv-Fabrik zur Ausführung \*).

Von diesen drei Locomotiven sind zwei für die kürzlich dem Betrieb übergebene Bahn Kriegsdorf-Römerstadt bestimmt, während

\*) Während des Druckes dieses wurden derselben Fabrik weitere fünf gleiche Locomotiven zur Ausführung übertragen.

die dritte durch die k. k. Direction für Staats-Eisenbahnbauten nach Paris zur Ausstellung geschickt wurde, um demnächst auf der Linie Unterdrauburg-Wolfsberg Verwendung zu finden.

Nachstehend sind alle Dimensionirungen dieser Maschinen, aus den Lieferungsbedingnissen entnommen, zusammengestellt:

Rost.	Länge .....	1'100 <sup>m</sup>
	Breite .....	0'950 <sup>m</sup>
	Fläche .....	1'045 <sup>□m</sup>
Feuerbox.	Lichte Höhe, hinten .....	0'978 <sup>m</sup>
	" " vorne .....	1'198 <sup>m</sup>
	Länge im Lichten, unten .....	1'100 <sup>m</sup>
	" " oben .....	1'020 <sup>m</sup>
	Breite " unten .....	0'950 <sup>m</sup>
	" " oben .....	0'830 <sup>m</sup>
Feuerrohre.	Dicke der { der Decke .....	15 <sup>mm</sup>
	Kupfer- { der Seiten- u. Hinterwand .....	13 <sup>mm</sup>
	bleche { der Rohrwand .....	13/22 <sup>mm</sup>
	Anzahl .....	99 Stück
	Aeusserer Durchmesser .....	52 <sup>mm</sup>
Kessel.	Gewicht per laufenden Meter .....	3 <sup>ks</sup>
	Länge zwischen den Rohrwänden .....	3 450 <sup>m</sup>
	Mittlerer Durchmesser .....	1'000 <sup>m</sup>
	Blehdicke des cylindrischen Theiles .....	11 <sup>mm</sup>
	der Rauchkasten-Rohrwand ...	20 <sup>mm</sup>
	der übrigen Bleche .....	12 <sup>mm</sup>
	Lichte Länge des Rauchkastens ..	0'648 <sup>m</sup>
	Abstand der Kesselmitte von den Schienen .....	1'550 <sup>m</sup>
	Abstand der Feuerbox von den Schienen .....	0'530 <sup>m</sup>
	Dampfdruck .....	9 Atm.
Feuerfläche.	Durchmesser der Ventile .....	80 <sup>mm</sup>
	Directe .....	4'4 <sup>□m</sup>
	Indirecte .....	55'6 <sup>□m</sup>
Schornstein.	Totale .....	60'0 <sup>□m</sup>
	Lichter Durchmesser, unten .....	0'280 <sup>m</sup>
	" " oben .....	0'420 <sup>m</sup>
Rahmen.	Höhe über den Schienen .....	3'625 <sup>m</sup>
	Lichte Entfernung .....	1'260 <sup>m</sup>
	Stärke der Rahmenbahn .....	23 <sup>mm</sup>
Achsen.	Totale Länge der Maschine ....	7'796 <sup>m</sup>
	Durchmesser der Triebachse ....	140 <sup>mm</sup>
	" " Kuppelachsen ..	135 <sup>mm</sup>
	" des Lagerhalses ...	140 <sup>mm</sup>
Räder.	Länge " " ....	160 <sup>mm</sup>
	Entfernung der Lagermittel .....	1'220 <sup>m</sup>
	Durchmesser des Laufkreises ....	0'940 <sup>m</sup>
	" " Radsternes ....	0'830 <sup>m</sup>
	Abstand der 1. von der 2. Achse ..	1'550 <sup>m</sup>
Federn.	" " 2. " " 3. " ..	1'150 <sup>m</sup>
	Totaler Radstand .....	2'700 <sup>m</sup>
	Anzahl der Blätter .....	12 Stück
	Dicke " " .....	10 <sup>mm</sup>
	Breite " " .....	90 <sup>mm</sup>
Mechanismus.	Länge, unbelastet .....	0'840 <sup>m</sup>
	Pfeilhöhe, unbelastet .....	75 <sup>mm</sup>
	Cylinder-Durchmesser .....	0'325 <sup>m</sup>
	Kolbenhub .....	0'480 <sup>m</sup>

Mechanismus.	Entfernung der Cylindermittel....	1'945 <sup>m</sup>
	Länge der Treibstange .....	1'410 <sup>m</sup>
	" " Excenterstangen .....	0'855 <sup>m</sup>
		0'857 <sup>m</sup>
	Excenterhub .....	0'100 <sup>m</sup>
	Voreilungswinkel V .....	35° 47'
	" R .....	52° 13'
Dimensionen	der Canäle { zur Einströmung ..	28 <sup>mm</sup>
		225 <sup>mm</sup>
	" Ausströmung ..	56 <sup>mm</sup>
		225 <sup>mm</sup>
	Durchmesser d. Einströmungsrohres	80 <sup>mm</sup>
	" " Ausströmungsrohres	100 <sup>mm</sup>

Auf dem Kessel ist eine vom Führerstand zu handhabende Metallglocke angebracht, deren Gebrauch sich aus dem Fehlen von Einfriedungen und Wegbarrieren bei den Localbahnen erklärt.

Die Maschinen haben ausser der Spindelbremse, welche die Hinterräder beiderseits und das Mittelrad einseitig bremst, noch eine Dampfbremse nach Le Chatelier.

Die Steuerung ist nach Allan construiert, welche Construction eine nahezu gleichmässige Dampfvertheilung für den Vorwärts- und Rückwärtsgang ergibt.

Die hintere und die vordere Brust sind in gleicher Weise mit Puffern, Nothketten, Zughaken und Laternenstützen armirt; ebenso hat die Maschine beiderseits Bahnräumer und Besenhalter, und sind die Sandstreuoröhre beiderseits des Mittelrades hinabgeführt.

Die Achsen sind aus Bessemerstahl, die Tyres aus Tiegelsstahl hergestellt und haben Schmier-Apparate.

Die Grösse der Wasserkasten wurde, mit Rücksicht auf den Verbrauch bei voll belasteten Zügen, mit 3<sup>km</sup> als vollständig genügend befunden, indem drei der Localbahnen nur eine Länge von 12—20<sup>km</sup> haben, und somit nur an den Endstationen Wasser gefasst zu werden braucht. Für die Linie Unterdrauburg-Wolfsberg, welche 38<sup>km</sup> lang ist, wurde jedoch die Anlage einer zweiten Wasserstation in der Mitte der Bahn projectirt.

Zur Unterbringung des Wassers dienen bei den Tender-Locomotiven drei Wasserkasten, von denen je einer seitwärts des Kessels und der dritte zwischen den Rahmen von der Vorderbrust bis zur Mittelachse untergebracht ist. Diese Kasten sind durch Communications-Röhren mit einander verbunden; ein gleichen Zwecken dienendes Rohr verbindet auch den über die Vorderachse hinausreichenden Theil des unteren Wasserkastens mit dessen etwas tiefer liegenden rückwärtigem Theil, aus welchem letzteren die Speisung erfolgt. Die Wasserkasten sind unabhängig von dem Rahmenbau und mit Querwänden gegen das Schlagen des Wassers versehen.

Die Füllung erfolgt durch die in den oberen Wasserkasten angebrachten Deckel.

Die Maschine ist rechter Hand mit einem Schlu'schen saugenden, und linker Hand mit einem Haswell'schen nicht saugenden Injector versehen.

Als Kohlenraum dienen zwei Kasten im Schutzhause, und zwar ein grösserer Kasten auf der Seite des Heizers und ein kleinerer Reservekasten auf der Führerseite. Beide sind durch verticale Schieber zu öffnen und fassen zusammen 850<sup>ks</sup> Kohlen.

Zur Unterbringung der Ausrüstungs-Gegenstände sind im Schutzhause zwei kleine eiserne Kasten angebracht; die grösseren

Werkzeuge werden auf den oberen Wasserkasten gelegt und durch angebrachte Haken festgehalten.

Das Gewicht der Tendermaschine beträgt leer 20·25 Tonnen im ausgerüsteten Zustande ..... 25·90 „  
und zwar die Belastung der ersten Achse ..... 8·30 „  
„ „ „ zweiten „ ..... 8·90 „  
„ „ „ dritten „ ..... 8·70 „

Das Gewicht ist somit nahezu gleichmässig auf alle Achsen vertheilt und bleibt diese Gleichmässigkeit auch während der Fahrt gewahrt, indem der Verbrauch der Wasser- und Kohlenvorräthe alle Achsen in gleichem Maasse entlastet.

Die Zugkraft beträgt nach der Formel:

$$0.65 p \frac{d^2 l}{D} = 3150^{\text{kg}},$$

und entspricht der Adhäsion, welche nach Abnahme der Wasser- und Kohlenvorräthe auf ein Viertel noch immer  $\frac{23000}{7} = 3286^{\text{kg}}$  beträgt.

Bei einer Leistungsprobe beförderte eine dieser Locomotiven einen regelmässigen Lastzug der Südbahn mit fünfzehn theilweise beladenen Wagen, welche eine Bruttolast von 78<sup>t</sup> repräsentirten, über den Semmering. Auf der Theilstrecke Payerbach-Semmering, mit der Maximalsteigung von 25‰ (verglichene Steigung 19‰), wurde dabei eine durchschnittliche Geschwindigkeit von 12·9<sup>km</sup> erreicht, und bei einer zweiten Fahrt, mit einer Bruttolast von 91<sup>t</sup>, auf derselben Theilstrecke eine solche von 11·7<sup>km</sup>.

Bei diesen Leistungsproben erwies sich die Dampfzerzeugung als eine vorzügliche, und fiel die Dampfspannung nie unter 9 Atmosphären; als Brennmaterial wurde Trifaller Kohle verwendet. Die Verdampfung stellte sich per Stunde auf 2·4—2·6<sup>kgm</sup> und per durchlaufenen Kilometer auf 0·19<sup>kgm</sup>.

Gelegentlich der technisch-polizeilichen Erprobung der Maschinen auf der Strecke Wiener-Neustadt-Gloggnitz wurde mit leerer Maschine eine durchschnittliche Geschwindigkeit von 43<sup>km</sup> und eine Maximal-Geschwindigkeit von 57<sup>km</sup> per Stunde erreicht, was per Secunde 5<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Radumdrehungen ergibt. Selbst bei dieser, für die Constructions-Verhältnisse der Locomotive abnormalen Geschwindigkeit war der Gang, sowohl beim Vorwärts- als beim Rückwärtsfahren, ein vollkommen ruhiger.

## Stahl, insbesondere für Locomotiv-Kessel.

Von

Ingenieur **P. F. Kupka.**

Die immer grossartiger sich gestaltenden Schöpfungen der modernen Technik beanspruchen zu ihrer Ausführung auch ein entsprechendes Material, oder, wenn man will, wir konnten erst an die Lösung kühnerer Aufgaben schreiten, nachdem wir ein vervollkommtes Material zur Verfügung hatten.

So sehen wir denn in den letzten Decennien den Stein und das Holz im Brücken- und Schiffsbau etc. durch das leistungsfähigere Eisen verdrängen. Hand in Hand damit ging nun die Entstehung grosser Gewerks-Anlagen, und der durch die Industrie und die modernen Communicationsmittel gesteigerte Bedarf bedingte die Massenproduction, wobei uns die Mechanik auf die richtige Verwendung von Guss- und Schmiedeeisen verwies.

Die Folge der hierdurch hervorgerufenen bedeutenden geschäftlichen Concurrenz war eine Reduction der Marktpreise und

gleichzeitig eine Verringerung der Qualität der Eisensorten, woran grösstentheils die in Verwendung kommenden minderwerthigen Brennstoffe die Schuld trugen (man denke nur an die bedeutende Abnahme von Holzkohleneisen), welcher Qualitätstrückgang jedoch in Oesterreich wegen den qualitativ und quantitativ vorzüglichen Rohproducten unserer Alpenländer weniger zu merken war.

Den Stahl epochenmachend und revolutionär auftreten zu sehen, war unserem Jahrhunderte vorbehalten, obgleich er bereits den Alten bekannt war und schon von Aristoteles als gereinigtes Eisen beschrieben worden ist.

Die sanguinischsten Hoffnungen knüpften sich an dieses Material, und es schien bestimmt, das Eisen im Fluge überall und vollständig zu ersetzen; inwieferne die Hoffnungen berechtigte waren, werden wir später sehen.

Bevor ich nun weiter hierauf eingehe, möchte ich mir die Bemerkung erlauben, dass ich die Schwierigkeit meines heutigen Thema's kenne, noch mehr aber davon durchdrungen bin, dass ich dasselbe weder erschöpfen noch endgiltig erledigen kann; mein Zweck ist ein viel bescheidenerer und ich begnüge mich mit der Zusammenstellung einiger Erfahrungen, welche man mit dem Stahl gemacht hat; vielleicht gelingt es mir diese übersichtlich zu geben.

Welche Eigenschaften hatte der Stahl; wenn ich sage „hatte“, so meine ich, dass unsere heutigen Stahlsorten von den früheren verschieden sind; man rühmte ihm in erster Linie grosse absolute Festigkeit, bedeutende Härte etc. nach, weshalb man ihn besonders vorthellhaft zur Construction von Kesseln hielt, die bei einer Brennstoff-Ersparniss von 20 bis 25% viel leichter werden konnten, ferner zum Bau eines bedeutend leichteren Schiffskörpers, wobei noch der muthmasslich grosse Widerstand gegen Seewasser schwer in's Gewicht fiel; ja man sprach von der ausschliesslichen Verwendung hohler Eisenbahnachsen etc. etc.

Nachdem nun auf der Pariser Ausstellung des Jahres 1855 ein Stahlkessel einer französischen Firma zu sehen war, der bei 1<sup>m</sup> Durchmesser und 8<sup>mm</sup> Blechstärke auf 15<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Atmosphären geprüft war, so schien die Wahl des Materials entschieden; man hatte damals zumeist nur Tiegelgussstahl und diesen nur für beschränkte Zwecke, doch machte die Fabrication immer grössere Fortschritte, so z. B. in Deutschland, wo Krupp in der Erzeugung grosser Stücke excellirte, in England, wo Sheffield sein sogenanntes homogenes Patent-Metall, einen weichen, leichtschweisbaren Stahl mit grosser Festigkeit, auf den Markt brachte; die Versuche damit in Woolwich im Jahre 1857 hatten zur Folge, dass sofort Kessel und Siedrohre aus diesem Metall angefertigt wurden. In Frankreich war in dieser Richtung Creusot leitend.

So günstig sich die ganze Entwicklung anliess, so war doch noch ein Haupthinderniss zu beseitigen: die Kostspieligkeit; denn Stahl war damals mehr als noch einmal so theuer wie gutes Schmiedeeisen.

Was nun die Locomotiv-Kessel angeht, so waren hier die Erwartungen sehr hoch gespannte. Die gesteigerte Inanspruchnahme derselben durch eine hohe Atmosphären-Zahl (8 bis 10) erheischte immer grössere Blechstärken, es nahmen sowohl die Gewichte, als auch die Kosten (besonders für die Kupferplatten) stetig zu, und das hatte ja seine Grenzen; hiefür war also der Stahl das erwünschte Material.

In Oesterreich waren es die von Franz Mayer in Leoben erzeugten Stahlbleche, mit welchen zuerst Proben vorgenommen

wurden, und man fand für dieselben eine doppelt so grosse absolute Festigkeit wie für gutes Schmiedeisen, was mit den von Fairbairn in England, und Anderen gemachten Versuchen ganz gut übereinstimmte.

Das war nun für Oesterreich ein bedeutender Impuls und bereits im Jahre 1858 schritt eine Prager Maschinenfabrik und auch die österreichische Staats-Eisenbahn-Gesellschaft beim Handels-Ministerium um die Genehmigung ein, Kessel aus Gussstahlblechen, wenigstens probeweise, erzeugen zu dürfen, und die letztere unterstützte ihr Ansuchen dadurch, dass sie sich auf die glänzenden Resultate in England und Frankreich berief, und besonders die geringe Oxydations-Fähigkeit, die grössere Geschmeidigkeit und die hieraus folgende leichtere Bearbeitung hervorhob, wobei ein Blättrigwerden der Gussstahlbleche, die ja nicht geschweisst sind, ausgeschlossen sei.

Das Handels-Ministerium übergab diese Angelegenheit dem polytechnischen Institute in Wien zur Begutachtung und Aeusserung, und auf Grund vielfacher, von den Herren Professor von Burg, Dr. Hessler und Schrötter vorgenommener Experimente und Proben, war diese für Stahlbleche eine ausserordentlich günstige, worauf das Handels-Ministerium der Staats-Eisenbahn-Gesellschaft am 11. Mai 1859 die Ermächtigung zur Anfertigung einiger Locomotiv-Kessel aus Gussstahlblechen ertheilte, und bei welchen die im Jahre 1854 normirten Blechdicken für Eisen bis auf  $\frac{5}{8}$  reducirt werden können, wenn die absolute Festigkeit 80.000 Pfd. per Quadrat-Zoll ( $64^{kg}$  per Quadrat-Millimeter) gibt.

Der österreichische Gewerbe-Verein ging noch weiter und suchte beim Handels-Ministerium in einer Eingabe vom Juni 1859, um die weitere Reduction der Stahlblechdicken gegenüber dem Eisenblech auf die Hälfte ( $\frac{1}{2}$ ) nach, wie dies später (1861) eine französische Gesellschaft that.

Dieses Ansuchen wurde von der Commission am polytechnischen Institute, gestützt auf die von Professor von Burg geleiteten Versuche, welche für Eisenblech eine absolute Festigkeit von 41.250 Pfd. ( $33^{kg}$ ) und für Stahlbleche von 85.748 Pfd. per Quadrat-Zoll ( $68^{kg}$  per Quadrat-Millimeter), also mehr als das Doppelte ergab, befürwortet.

Mittlerweile wurden bei der österreichischen Staatsbahn acht Stück Stahlkessel angefertigt und dieselben mit einem Wasserdruck von 188 Pfd., also circa 15 Atmosphären, erprobt. Zwei dieser Kessel bestanden die Probe nicht, indem Bleche der Länge nach, eine andere Version sagt zwischen den Nietten, rissen; es wäre hiernach einmal der Grund in fehlerhaftem Materiale oder zu geringer Dicke, das andere Mal in den Verletzungen der Platten beim Bearbeiten (Lochen) zu suchen; sei dem nun wie ihm wolle, diese Thatsache hatte eine Ernüchterung und einen Rückschlag im Gefolge.

Die nach fünf Jahren gesammelten Erfahrungen ergaben, dass die Fireboxen wegen Rissigwerden zwischen den Stehbolzen verworfen und durch kupferne, die man überdies leicht flicken kann, ersetzt werden mussten, und dass die Cylinder-Kessel hingegen sich ziemlich gut hielten; waren diese Resultate auch nicht besonders ermunternd, so liess man sich nicht abschrecken, nahm jedoch von Stahl-Fireboxen Umgang, nachdem auch der in Deutschland gemachte Versuch, eiserne Boxen zu verwenden, gänzlich scheiterte.

Es verfertigte im Jahre 1865 die österreichische Staats-Eisenbahn-Gesellschaft aus weicheeren Blechen, indem man die früheren als zu hart erklärte, sieben Stück für die eigenen und

neun Stück Stahlkessel für die Linien der Kaiser Ferdinands-Nordbahn; letztere verfolgte den Zweck, möglichst leistungsfähige Maschinen bei geringer Radbelastung, leichte Kessel mit grossem Rost und directer Heizfläche zu erhalten, um auch die ihr zur Verfügung stehende fette Kleinkohle vortheilhaft zu verwerthen. Wir kommen auf diese Resultate später zurück.

Die Stahlfabrication konnte wohl dann erst mit Erfolg auftreten, nachdem noch viele Verbesserungen in der Erzeugung gemacht wurden, die insbesondere die wohlfeile Erzeugung des Stahles zur Folge hatten. Den bedeutenden Fortschritten der Metallurgie, welche in die Jahre 1855—56 fallen, verdanken wir die billige und massenhafte Darstellung von Flusseisen und Stählen (Martin, Siemens, Bessemer), welch' letzterer sich, nebenbei bemerkt, in Oesterreich (1864) früher als in Deutschland Eingang zu verschaffen wusste. Das war nun der eigentliche Wendepunct in der Geschichte des Stahles; es liegt heute in der Hand des Producenten, durch ein und denselben Process, je nach dem Zwecke, ein Material von grosser Härte oder Weichheit mit allen dazwischen liegenden Härtegraden zu erzeugen; und deshalb sehen wir die Anwendung des Stahles in der Eisenbahn-Technik und so vielen Zweigen der Industrie fortwährend an Ausdehnung gewinnen; seine unangefochtene Verwendung für Schienen, Tyres, Achsen, zum Brücken- und Schiffsbau ist heute eine Thatsache; es ist bemerkenswerth, dass eine Autorität wie Sir W. Armstrong noch im Jahre 1869 in einer Ingenieur-Versammlung sich folgendermassen äusserte: „Wenngleich Stahl eine grössere absolute Festigkeit wie Eisen besitzt, so ist er Stössen gegenüber nicht so widerstandsfähig; ich kann mir keine andere Meinung bilden, als dass die hiedurch hervorgerufenen Vibrationen dem Stahl schädlicher als dem Eisen sind; wenn wir Stahlschienen und Tyres machen, so thun wir es einfach deshalb, weil diese härter sind, das ist das ganze Geheimniss.“

Dieser Ansicht ständen allerdings die von Prof. Turston in New-York vorgenommenen Versuche entgegen; er fand, dass durch gleichmässig fortgesetzte Schläge eine Kolbenstange aus weichem Eisen in drei Monaten, eine solche aus weichem Stahl in sechs Monaten und aus hartem erst in zwei Jahren brach.

Wenn wir fragen: Was ist Stahl? so erhalten wir hierauf die allgemeine Antwort: Ein kohlenstoffhaltiges Eisen mit anderen Substanzen, wie Mangan, Schwefel, Phosphor, Silicium, Aluminium etc. gemischt, welche Mischung die Eigenschaft sich härten zu lassen hat; bezüglich des Kohlenstoffgehaltes steht er in der Mitte zwischen dem Roh- und Schmiedeisen und enthält weniger als das erstere und mehr als das letztere.

Wir erhalten somit Stahl, wenn wir dem Roheisen Kohlenstoff entziehen oder dem Schmiedeisen solchen zuführen.

Nun aber hat sich in Folge der Mannigfaltigkeit der Erzeugung, wie der erzielten Producte in den letzten 20 Jahren der Begriff „Stahl“ bedeutend geändert, und sowohl in der Wissenschaft als auch in der Praxis eine ziemliche Verwirrung in der Unterscheidung zwischen Stahl und Eisen hervorgerufen.

Stahl wird von Einigen als ein gegossenes und schmiedbares, Eisen als nicht gegossenes und schmiedbares, endlich Roheisen als ein gegossenes und nicht schmiedbares Metall definirt; die Flüssigkeit im Stadium der Entstehung des Metalls kann aber nicht mehr ein Kriterium für Stahl oder Eisen sein, nachdem wir heute nicht nur kohlenstoffreiche, sondern auch kohlenstoffarme Eisenverbindungen im flüssigen Zustande erzeugen können.

Für Andere gibt es zwischen Eisen und Stahl keinen Unterschied, sondern nur zwei beachtenswerthe Merkmale in der Fabrication, und zwar ob das Eisen und Stahlstück aus einem Gusse (Ingot-Metall) oder aus einzelnen Stäben, Paqueten (Paquet-Metall) entstanden sei.

Withworth sagt: Stahl solle nur mechanisch durch den Werth der absoluten Festigkeit und den der Dehnbarkeit charakterisirt werden.

Andere wollen nur die Härtung, wieder Andere nur die Hämmerbarkeit oder die Homogenität etc. als unterscheidendes Merkmal für Stahl in Anschlag gebracht wissen.

Diese Proben genügen wohl, um zu zeigen, wie gross die principielle Meinungsverschiedenheit in dieser Frage ist; um dieselbe zur Klärung zu bringen, wurde gelegentlich der Ausstellung in Philadelphia von hervorragenden Fachmännern ein internationales Comité gebildet, welches eine Nomenclatur für die unterschiedlichen Eisen- und Stahlproducte in vier Puncten vereinbarte.

Diese Nomenclatur blieb allerdings nicht ganz unangefochten, hat jedoch alle Aussicht auf eine allgemeine Annahme; mit diesem Gegenstande beschäftigte sich übrigens unser Verein schon eingehend.

Fast gleichzeitig arbeitete, der Wichtigkeit des Gegenstandes entsprechend, eine technische Commission des Vereines deutsch-österreichischer Eisenbahn-Verwaltungen zu Eisenach im Jahre 1876 an einer Classification von Eisen und Stahl, welche es Jedermann ermöglicht, den Werth des Productes leicht zu erkennen, und wozu die von Prof. Jenny und auf Veranlassung der Kaiser Ferdinands-Nordbahn angestellten Versuche äusserst werthvolles Material lieferten, sowie sein in der jüngsten Zeit erschienenenes Werk „Festigkeits-Versuche an der k. k. technischen Hochschule in Wien“ weiteres schätzbares Material geben.

Eine noch weiters ausgearbeitete Denkschrift bezweckt, dieser Classification eine allgemein staatliche Anerkennung zu erwirken.

Es sollen hiernach für die Qualitäts-Bestimmung die Zerreiissfestigkeit einschliesslich der Elasticität und Zähigkeit massgebend sein, und es wurden Ziffern vereinbart, welche Bessemer-, Guss- und Martinstahl I. Qualität in drei Unterabtheilungen, hart, mittel, weich, II. Qualität in zwei Unterabtheilungen und Stabeisen und Eisenbleche in je zwei Qualitäten gruppirt.

Diese etwas einseitig aufgestellten Normen haben, zumal in Oesterreich, Opposition gefunden, wurden aber in der letzten Techniker-Versammlung in Stuttgart acceptirt.

Wenn wir nun in objectiver Weise die Vorzüge des Stahles dem Eisen gegenüber würdigen, so finden wir hier: eine grössere absolute Festigkeit, grössere Zähigkeit, Härte, Geschmeidigkeit und Homogenität (die aus dem Flüssigkeitszustande resultirt) vor; wir können fast beliebig grosse Platten mit nach jeder Richtung beinahe gleicher oder nur um wenige Procente geringerer Festigkeit erhalten; deshalb ist kein Zweifel, zu wessen Gunsten der Kampf zwischen Eisen und Stahl schliesslich ausfallen wird. Stahl ist aber sozusagen ein höher stehendes Product und erfordert demnach eine sorgfältigere Behandlung als Eisen; ziehen wir weiters in Betracht, dass seine Eigenschaften, je nach seiner chemischen Zusammensetzung (die ja einen grossen Einfluss ausübt), nach der Art seiner Erzeugung, nach der Anarbeitung und Behandlung bei der Formgebung leicht verändert werden können, so darf es uns nicht Wunder nehmen, wenn wir, um mit diesem trügerischen Material gute Resultate zu erzielen, bedeutenden Schwierigkeiten begegnen; bei Eisen ist ja dies Alles nicht der Fall.

Wenngleich sich unsere praktischen Kenntnisse über die Art und Weise, den Stahl zu Constructionszwecken zu verwenden, in den letzten 10 bis 15 Jahren bedeutend erweitert haben, so sind uns heute alle Gesetze, welche ihn beeinflussen, noch nicht vollständig bekannt, und es mag hier gleich constatirt werden, dass die mit Stahl erzielten Resultate nicht nur nicht einheitlich, sondern oft geradezu widersprechend sind, was sich zum Theile aus dem Vorangeschickten erklärt; eine weitere Schwierigkeit liegt ausserdem noch in der richtigen Wahl des Materials für bestimmte Zwecke.

So sagte der berühmte Fachgelehrte Dr. W. Siemens in London in einem Vortrage des „Iron and Steel-Institutes“: „Die Härte des Stahles liegt zwischen der Härte des Diamanten und der Weichheit des Kupfers; Stahl in der Form einer Nadel oder eines Stempels nähert sich der ersteren, in der Form einer Feder hat er eine Elasticität, welche von keinem anderen Materiale erreicht wird, und in der Form einer Blechplatte ist er das zäheste Material, sogar zäher als Kupfer oder Schmiedeeisen; er kann im kalten Zustande in fast jede Form gebracht werden; wir müssen uns deshalb immer erst klar werden, was für ein Material wir meinen.“

Gehen wir nun auf die mit Stahlkesseln bei Locomotiven in Oesterreich und Deutschland erzielten Resultate über, so finden wir hierüber in den Publicationen der VI. Techniker-Versammlung im Jahre 1874 in Düsseldorf gedrängt Folgendes:

Mehrere Bahn-Gesellschaften haben mit Stahlkesseln gute Resultate erzielt; eine österreichische Gesellschaft zieht den Bessemer- dem Tiegelgussstahl vor, welcher letzterer reisst; für das Material wird eine Festigkeit von 650 Ctr. per Quadrat-Zoll und 15% Längenausdehnung vorgeschrieben; Stahlbleche sind jedoch nicht dünner zu machen als Eisenbleche; eine andere österreichische Gesellschaft hat starke Ausrostungen an den Blechen vorgefunden; die Durchschnittsdauer der Kessel sind circa 10 Jahre; eine dritte betont die rasche Zerstörung der Rohrwände, besonders aber der Bleche bei undichten Kesselstössen; eine vierte machte schlechte Erfahrungen mit stählernen Stehbolzen etc.

Diesen Erfahrungen schliessen sich mehr oder weniger ähnliche bei ausländischen Bahnen an; so wird gesagt, dass Defecte bei Stahlkesseln in erheblich grösserem Maasse als bei Eisen auftreten, ferner man müsse bei dem Verstemmen der Fugen äusserst vorsichtig sein etc., so dass die Schlussfolgerung lautete:

„Nach den gesammelten Erfahrungen haben Kessel aus Gussstahlblechen den gehegten Erwartungen nicht entsprochen, und werden von einigen Bahnen, welche sie eingeführt hatten, wiederum Kessel aus Eisenblech vorgezogen; die fernere Verwendung von Stahlblechen zu Locomotiven wird zunächst von der Vervollkommnung in der Herstellungsweise vollständig entsprechender Stahlbleche abhängig sein.“

Dieselbe Frage war in der vorjährigen Techniker-Versammlung zu Stuttgart wieder auf der Tagesordnung und es gaben hierüber 20 Eisenbahn-Verwaltungen ihre Aeusserung ab; zwei von diesen machten gute Erfahrungen mit Stahlkesseln, fünf Gesellschaften halten den Stahl dem Eisen gleichwerthig, und dreizehn hatten ungünstige Resultate zu verzeichnen; wir gehen hier auf die Detailverhandlungen, die pro und contra's nicht weiter ein, sondern heben nur die aufgestellte Schlussfolgerung hervor, diese lautet:



Wesentlich neue Erfahrungen, welche für die weitere Einführung der Stahlkessel sprechen, liegen nicht vor. Die Hauptnachteile der Stahlkessel scheinen daraus zu entstehen, dass die Bleche häufig Eigenschaften haben, in Folge welcher beim Biegen und Zusammennieten der Platten leicht schädliche Sprünge und Risse entstehen. Weiche Stahlbleche (Flusseisen) scheinen für Kessel geeignet, doch bieten dieselben gegenüber guten Eisenblechsarten nur geringe Vortheile.

Wenn wir die beiden hier mitgetheilten Schlussfolgerungen vergleichen, so finden wir, trotzdem keine für die Anwendung von Stahlblechen plaidirt, doch einen Unterschied; während die erstere (also vor vier Jahren aufgestellte) Schlussfolgerung die ungünstigen Resultate auf Rechnung der Unvollkommenheit der Bleche setzt, d. h. also nur dem Materiale die Schuld gibt, spricht die letztere von einer möglichen Beschädigung der Platten beim Biegen und Zusammennieten, wenngleich dies eine häufige Eigenschaft der Bleche genannt wird; es scheint hiemit angedeutet zu werden, dass nicht alle Schuld das Material allein trifft. Wenn mehrere Bahnverwaltungen sich nicht entschlossen konnten, grössere Versuche mit Stahlkesseln zu machen, so dürften nicht allein die Erfahrungen mit den Kesseln selbst, sondern auch der Umstand mitgewirkt haben, dass einzelne Fälle bekannt wurden, beispielsweise, dass Platten durch unvorsichtige Handhabung beim Abladen, oder durch Fall gegen die Erde, ja selbst wenn sie bei plötzlichem Temperaturwechsel über Nacht im Freien gelassen wurden, gesprungen sind. Ein solches Vorkommniss der Unsicherheit und Unverlässlichkeit genügt um Vorurtheile gegen dieses Material zu nähren. Wir wollen hier auch ferner nicht übersehen, dass noch viele Producte aus den Jahren des sogenannten wirtschaftlichen Aufschwunges stammen.

In Oesterreich sind es die österreichische Staats-Eisenbahngesellschaft und die Kaiser Ferdinands-Nordbahn, welche sich zuerst mit der Verwendung von Stahlblechen beschäftigten, und welche auch heute noch die Führung haben.

Die österreichische Staats-Eisenbahngesellschaft verwendet heute nur den in den Reschitzaer Werken erzeugten Martin-Stahl, welchen sie sowohl dem Tiegelgussstahl als auch dem Bessemer-Material vorzieht; sie schreibt hiefür:

a) eine Tragfähigkeit von 47 bis 50<sup>kg</sup> per Quadrat-Millimeter und eine Längenausdehnung von 16 bis 20%, bei einer Länge der Probestäbe von 0.200<sup>m</sup> vor;

b) dass er nicht härtbar ist und ein Streifen in roth-warmem Zustande in Wasser abgekühlt, ohne die mindeste Spur eines Anbruches zu erhalten, sich noch so weit biegen lässt, bis der Halbmesser des Buges gleich der 1 $\frac{1}{2}$ -fachen Blechdicke ist.

Die entschieden günstigsten Resultate hat die Kaiser Ferdinands-Nordbahn erzielt.

Ich entnehme dem Schriftchen, mit welchem diese Bahngesellschaft ihre Pariser Ausstellungsobjecte begleitete, nur einige Daten, indem ich hier auf die interessanten statistischen Zusammenstellungen leider nicht näher eingehen kann.

Diese Gesellschaft besitzt heute 274 Kessel, ganz oder theilweise aus Stahl, zum grössten Theile Bessemer-Material österreichischer Provenienz, und zwar aus weichen Sorten, von denen viele schon 12 Jahre im Dienste sind. Die Kaiser Ferdinands-Nordbahn schreibt für Bessemer-Bleche eine Normalbelastung von

47<sup>kg</sup> per Quadrat-Millimeter bei einer totalen Längenausdehnung von 15% vor. Die Bleche werden vor ihrer Verwendung gut abgeklopft, damit die an der Oberfläche eingewalzten Schlackentheile herausfallen; sollte das in grösserem Maasse der Fall sein, so ist es empfehlenswerth, diese fehlerhafte Seite nach aussen zu verlegen. Die Bearbeitung der Platten soll bei vollständig gleichmässiger, nicht zu hoher Temperatur der ganzen Platte erfolgen; wenn örtliches Warmmachen nicht umgangen werden kann, so muss hiebei alle Vorsicht angewendet werden; ein Bearbeiten darf nur insoweit erfolgen, als die Stelle noch sichtbar warm ist und sind zu diesem Zwecke nur hölzerne Schlägel in Anwendung zu bringen. Die Nietlöcher werden alle gebohrt.

Die erbauten Kessel werden aus möglichst wenig Theilen, 2 bis 3 Sätzen, und ein Satz gewöhnlich nur aus einer Platte hergestellt. Die Blechtafeln stossen stumpf aneinander und es wird ein Laschenring aufgenietet. Ferner wird dem Kessel ein möglichst freies Spiel in seiner Auflage gestattet.

Man sieht, dass hier nicht blos die Wahl des Materials, sondern auch seine spätere Behandlung mit Sorgfalt geschieht, was vollständig gerechtfertigt ist.

In Frankreich war die Chemin de fer de l'Est die erste (1858), welche Gussstahlbleche für Locomotivkessel anwandte, jedoch nicht für den cylindrischen Theil, sondern für die Fireboxen und Stehkessel; dazu wurde sie eigentlich durch den Umstand gedrängt, dass während und nach dem Krimkriege gutes russisches Kupfer durchaus nicht zu haben war; eine dreijährige Erfahrung gab kein günstiges Resultat; bessere Resultate erhielt die Paris-Lyon-Mittelmeer-Bahn, welche ihr folgte.

In den Jahren 1867—70 bestellte die Chemin de fer de l'Est 44 Stück Locomotiven mit eisernem Cylinderkessel (15<sup>mm</sup> Stärke) und Stahlstehkessel (13<sup>mm</sup> Stärke) und 9 Atmosphären Dampfdruck, um durch den leichteren Stahlkessel nicht nur das ganze Kesselgewicht zu verringern, sondern hauptsächlich ein Ueberlasten rückwärts zu vermeiden und eine gute Gewichtsvertheilung zu erreichen. Im Jahre 1868 baute sie zwei Stück Tender-Locomotiven mit Stahlkesseln (ausgenommen die Firebox) für 8 $\frac{1}{2}$  Atmosphären. Die Bleche hiefür wurden nach beiden Richtungen, und zwar immer abwechselnd, gewalzt, um eine gleiche Festigkeit zu erhalten. Die Proben ergaben 55—62<sup>kg</sup> per Quadrat-Millimeter bei 15% Längenausdehnung.

Wir sehen ferner noch die Orleans-, Midi-Bahn Kessel aus schwedischen Gussstahlblechen, und zwar erstere im Jahre 1873, 80 Stück ganz aus Stahl und 32 blos mit Stahlstehkesseln, bauen, und das ist so ziemlich Alles, was Frankreich in dieser Richtung unternahm.

Im Allgemeinen hat Frankreich Stahl für Locomotiv-Kessel nicht in sehr ausgedehntem Maasse angewendet, und bis zum Jahre 1870—71 fast ausschliesslich nur Tiegelgussstahl verarbeitet. Creusot und Terre-Noire sind die hauptsächlichsten Bezugsquellen für dieses Material. Die französische Marine verwendet deren Producte für Schiffs- und Kesselbau, welche unter Intervention von Regierungsbeamten in den Werken erzeugt, auf eine Bruchfestigkeit von 48—50<sup>kg</sup> per Quadrat-Millimeter nach jeder Richtung, bei einem Ausdehnungs-Coëfficienten von 22%, geprobt werden.

Hier möchte ich beiläufig einer sehr interessanten Schrift des französischen Ingenieurs Barba (Etude sur l'Emploi de l'Acier, dans les Constructions) Erwähnung thun, welche nebst der Zusam-

menstellung vielseitiger eingehender Versuche, sich noch besonders mit der Behandlung des Stahles in den Werkstätten und Werften von Brest und L'Orient befasst; ganz in Kürze möchte ich daraus Folgendes hervorheben: Die Erfahrung lehrte, dass Stahl, wenn er plötzlichem Temperaturswechsel oder örtlichen Pressungen, wie z. B. beim Hämmern, Lochen, Schneiden, Flantschen etc. ausgesetzt wird, eine Veränderung im Materiale erleidet, die nur durch Erwärmen des Stahlstückes bis zur Rothglühhitze und langsames, regelmässiges Abkühlen an der freien Luft wieder aufgehoben werden kann; diese nachtheilige Wirkung ist jedoch bei Sorten mit geringerem Kohlenstoffgehalt nur in beschränkterem Maasse beobachtet worden; es geschieht daher das Biegen und Flantschen der Stahlbleche, Winkelleisen, Träger u. s. w. nicht durch Hämmern, sondern durch Druck.

Barba stellt als Hauptbedingung bei der Verarbeitung von Stahl auf, dass erstens alle localen Pressungen möglichst vermieden werden sollen, und zweitens, wenn diese unvermeidlich sind, deren Effect nicht nur durch einmaliges, sondern durch öfteres Ausglühen aufgehoben werden müsse.

Gehen wir auf England über, so finden wir, dass dort der Stahl in einem solchen Umfange zum Kesselbau verwendet wird, wie wohl in keinem anderen Lande; erste Firmen erzeugen heute fast nur Stahlkessel, und Herr Sharp in Bolton war einer der ersten, welcher ausgezeichnete Bleche erzeugte; von den in Bolton bis zum Jahre 1875 producirten 9—10.000 Tonnen Stahl wurden drei Viertel für Kessel verarbeitet, ganz abgesehen von den Quantitäten, die Sheffield, Barrow etc. liefern.

Die Bleche, mit einer Festigkeit von 48—64<sup>kg</sup>, werden von geschulten Arbeitern zu Kesseln verarbeitet und stehen solche 9, 10 bis 12 Jahre ohne Anstand in Dienst, indem dabei noch besonders hervorgehoben wird, dass sie geringere Reparaturen als Eisenkessel erfordern.

Ein ausgezeichnete Ingenieur, Herr Adamson, versuchte verschiedene Stahlsorten, doch seit der Einführung des Bessemer-Metalls hat er dasselbe ausschliesslich zu mehreren hundert Kesseln, unter welchen viele mit hohen Spannungen und mit sehr guten Erfolgen verwendet; er findet die Bleche sehr gleichmässig, ungewein leistungsfähig und wurde ein Abblättern nie beobachtet; die Festigkeit der Bleche ist in der Walzrichtung nur 2% grösser als in der anderen. Von jeder Platte wird vor ihrer Verwendung ein Stück abgeschnitten und geprüft, was bedeutende englische Ingenieure überhaupt empfehlen; die Seiten der Bleche werden gehobelt, die Nietlöcher beider Platten, nachdem dieselben zusammengepasst sind, gebohrt und doppelte Nietreihen in jeder Richtung angewendet. Es kam vor, dass Bleche im Kessel durch unvorsichtige Wartung ausbauchten oder zusammenklappten, aber nie rissen. Sharp und Adamson empfehlen die Verwendung von Stahl mit einer Bruchfestigkeit von nur 48—50<sup>kg</sup>, nachdem solche mit grösserer Festigkeit wegen zu geringerer Geschmeidigkeit des Materials für Kesselarbeiten als ungeeignet befunden wurden; das vorstehend Gesagte bezieht sich wohl grösstentheils auf Stabkessel.

Es muss daher überraschen, wenn wir in dem ausgezeichneten Fachblatte „The Engineer“ vom Jahre 1876 einen Aufsatz lesen, der unter Anderem behauptet, „dass in Grossbritannien wenige, wenn überhaupt welche stationäre und Schiffs-Kessel aus Stahl erzeugt werden; Locomotiv-Kessel wurden allerdings gemacht; es sei eben bekannt, dass eine englische Bahn 18 Stahlkessel

anfertigte, bei welchen sich im Betriebe sofort Rohrrinnen und Undichtheiten der Rohrwände in der Box zeigten; eine dreimonatliche Erfahrung genügte, um das Material als ein unbrauchbares zu erkennen und den sofortigen Ersatz der Stahlboxen durch kupferne zu veranlassen. Das Material war zu weich.

Es sei schliesslich nicht zu viel behauptet, wenn man sagt, dass Stahl in England nicht mit Erfolg angewendet wurde, ausgenommen auf der London-Nordwestern-Bahn.

Dass diese Expectoration nicht unerwidert blieb, ist begreiflich, und es wurde dem Verfasser im „Engineering“ hart zugesetzt; es war noch recht vorsichtig von ihm, die London-Nordwestern-Bahn auszunehmen.

Dem heutigen Superintendenten dieser Bahngesellschaft und Vorstand der berühmten Werke in Crewe, Herrn F. W. Webb, dessen Name weit über England hinaus bekannt ist, gebührt das grösste Verdienst um die Einführung der Stahl-Locomotiv-Kessel in England.

Sowohl Webb als sein Vorgänger Ramsbattom hatten ursprünglich viele missglückte Versuche zu registriren, welche noch über die Zeit, als Crewe seine eigenen Bessemerseien einrichtete, hinausreichen; schliesslich wurden ihre Bemühungen von Erfolg gekrönt, und heute stehen mehr als 900 Stahlkessel im Betrieb.

Es ist von Einfluss auf das Material, dass die Ingots anfänglich mit grösserer Aufmerksamkeit gewalzt oder geschmiedet werden; später vertragen sie eine sorglosere Behandlung; wenn die Bleche aus den Walzen kommen, so werden sie in kaltes Wasser getaucht, abermals erhitzt und wieder in Wasser getaucht, und dieser Vorgang wird viermal wiederholt; hierdurch wird das Material ungemein zähe, und fehlerhafte oder schlechtere Bleche werden unbedingt ausgeschieden.

In Woolwich werden Stahlstücke für gewisse Zwecke ähnlich aber mit Oel behandelt.

Von jeder Platte wird ein 2½“ breiter Streifen abgeschnitten, in welchen ein 5/8zölliges Loch gebohrt und im kalten Zustande auf 2“ ausgedehnt wird, wobei das Blech nicht reissen darf.

Um Wiederholungen zu vermeiden, muss ich vorläufig auf die Anführung weiterer Proben verzichten.

Was die Construction der Kessel in Crewe anbelangt, so besteht der cylindrische Theil aus teleskopisch in einander geschobenen Sätzen, und ein Satz aus je einem Bleche.

Es ist weiters Erfahrungssache, dass es sehr vortheilhaft ist, die Nietungen in der Firebox möglichst zu vermeiden, damit sie dem Feuer nicht ausgesetzt werden; dies führte Webb zu den von ihm construirten Firebox, die wir auf der Wiener Weltausstellung gesehen haben; die Umfassungswände bilden ein Stück; die Rohrwand ist ein aus stärkerem Blech separat eingesetztes Stück; die Deckplatte ist hinten und an beiden Seiten nach innen herabgebogen und übergreift vorne die Rohrwand. Die Vortheile dieser Kessel- und Firebox-Construction sind evident.

Um die in England mit Stahlkesseln gemachten Erfahrungen zu untersuchen, wurde vor zwei Jahren von Lloyds Register of British and Foreign Shipping ein Comité für die Berichterstattung über Schiffs- und eines über Locomotiv- und Stabkessel eingesetzt.

Derjenige Bericht, welcher uns speciell interessirt, kommt zu folgendem Resultate:

In Grossbritannien findet der Stahl eine ausgedehnte Verwendung. Die Methode, um die Qualität desselben zu bestimmen,

besteht in einigen Werken darin, von jeder Charge einen kleinen Ingot zu giessen, welcher chemisch auf seinen Kohlenstoffgehalt und mechanisch auf Zugfestigkeit und Längenausdehnung untersucht wird; diese Proben werden gemacht, bevor die wirklichen Ingots ihrer Verwendung zugeführt werden; ist das Material zu kohlenstoffreich und seine Bruchfestigkeit zu gross, so wird diese Charge für Achsen, Schienen oder zu anderen Zwecken verarbeitet. Ueberdies wird aber noch eine Blechprobe im kalten Zustande oder durch Härten und Nachlassen vorgenommen.

Die chemische Probe besteht darin, dass eine dem Gewichte nach ganz genau bestimmte Quantität Metall in Salpetersäure aufgelöst wird; diese Lösung hat eine strohgelbe Färbung, welche je nach dem Kohlenstoffgehalte dunkler oder heller ist; sie wird nun, um sie auf den genauen Kohlenstoffgehalt zu prüfen, in einer mit einem Massstabe versehenen Eprouvette so lange mit Wasser gemischt, bis diese Mischung die Farbe der in einer Normal-Eprouvette befindlichen genau bekannten Kohlenstofflösung hat; es kann sonach an der Scala des getheilten Proberöhrchens der Kohlenstoffgehalt in Percenten abgelesen werden. Diese Probe wird bis zu einem Kohlenstoff-Percentsatz von 0.15 bis 0.10 als ganz verlässlich, unter dieser Grenze als nicht mehr verlässlich angesehen.

Das Comité besuchte auch die ausgedehnten Werkstätten der London- und Nord-Western-Bahn und sagt, dass fast alle ihre Kessel, Locomotiv-Bestandtheile, Tyres, Locomotiv- und Wagenachsen mit gutem Erfolge aus weicheeren Stahlarten erzeugt werden.

Die Kesselbleche sind etwas kohlenstoffreicher, daher widerstandsfähiger, wie solche zum Schiffsbau verwendet werden, und sie werden nach den Processen des Schmiedens oder Lochens ausgeglüht.

Die Festigkeitsprobe besteht in einer Zerreißprobe und Messung der Elongation des Stückes nach dem Bruche; wird diese Ausdehnung in Percenten ausgedrückt, so ist wohl zu beachten, dass diese mit der Länge des Probestabes variirt, und zwar aus dem Grunde, weil die Elongation an der Bruchstelle grösser als an anderen Punkten ist, so dass bei gleichem Material der Percentsatz ein desto grösserer ist, je kürzer der Probestab war.

Um nun einen Ausdehnungs-Modulus zu erhalten, müssen alle Probestäbe eine gleiche Länge haben.

Bei den in Gegenwart der Comité-Mitglieder vorgenommenen Zerreißungsproben wurde bei einem Stabe von:

8"	Länge eine Dehnung von 20%
6"	" " " " 25%
4"	" " " " 32%
2"	" " " " 37%

beobachtet; es wird ferner berichtet, dass Stahl, wenn seine Zerreißfestigkeit bis auf circa 42<sup>kg</sup> sinkt, das Material schwammig ist und nicht mehr gut schweisst.

Ein Erzeuger empfiehlt Stahl mit 47<sup>kg</sup>; Webb zieht die Grenze höher und geht bis auf 54<sup>kg</sup> mit 25% Ausdehnung.

Weiters heisst es: Zieht man in Betracht, dass weicheeres Material leichter verarbeitet und durch Unvorsichtigkeit weniger beschädigt werden kann als festeres oder brüchiges, dass auch nicht überall eine so grosse Sorgfalt wie in Crewe angewendet wird, so sollte man die Grenze nicht zu hoch nehmen und sich mit circa 49<sup>kg</sup> begnügen.

Ebenso interessant sind die angestellten Versuche über das Verhalten des Stahles Schlägen gegenüber; so wurde z. B. ein Dampfhammer im Gewichte von 25 Tonnen auf eine Kugel von 8" Durchmesser, welche in die Mitte einer frei aufliegenden Blech-

platte gelegt wurde, aus einer Höhe von 2' fallen gelassen; Stahlplatten bestanden die Probe jedesmal, Eisenplatten brachen; ferner wurde ein Fallgewicht von 30 Ctr. auf derartig unterstützte Stahl- und Eisenplatten aus einer Höhe von 5' 6" fallen gelassen; der erste Schlag brach eine Eisenplatte und die Brüche erweiterten sich sehr bedeutend, als die Platte umgewendet und auf die andere Seite aus einer Höhe von 8' getroffen wurde. Bei Stahl verursachte der erste Schlag auf 5' 6" Höhe keinen Bruch; die Platte wurde umgewendet und aus 8' 6" Höhe getroffen, wieder umgewendet und aus 10' Höhe getroffen, abermals umgewendet und aus 12' Höhe getroffen; es war noch kein Bruch sichtbar.

Die Eisenplatte war von guter Qualität.

Bei den Steifigkeitsproben verhielten sich Stahlbleche von  $\frac{1}{16}$ " Dicke wie Eisenbleche von  $\frac{1}{16}$ ", und  $\frac{1}{16}$ zöllige Stahlbleche wie  $\frac{1}{16}$ zöllige Eisenbleche, so dass sich also Stahl widerstandsfähiger und steifer als Eisen erweist. Nichtsdestoweniger sollen aber die Ausbauchungen in Stahlboxen grössere als beim Eisen sein, eine permanente Setzung überhaupt rascher eintreten; es wird daher auf eine gute Versteifung besonders bei flachen Stellen und dünnen Blechen grosses Gewicht gelegt.

Es werden weiters Stahlrieten empfohlen (?), warum ist allerdings nicht ersichtlich.

Was die Corrosionen betrifft, so wird diese wichtige Frage als nicht gelöst betrachtet; so sei in einem Falle, wo zwei Kessel (ein eiserner und ein Stahlkessel) unter ganz gleicher Behandlung standen, der Stahlkessel in etwas höherem Grade corrodirt gewesen, im zweiten Falle aber der Stahlkessel eben in viel höherem Grade, und es ist dabei auffallend, dass die Corrosionen beim Eisenkessel ziemlich gleich vertheilt waren, während von den Platten des Stahlkessels einige ganz unbrauchbar waren, und andere fast ganz neu aussahen.

Das Comité sagt schliesslich, dass bei Stahlblechen eine Reduction der Dicken von 12 bis 20% zulässig sei und resumirt für die Locomotiv-Praxis folgende Punkte:

1. Das Material soll eine Festigkeit von 42 bis 50<sup>kg</sup> per Quadrat-Millimeter haben und ein Probestab von 8" Länge eine Ausdehnung von 20% zeigen.

2. Ein Blechstreifen, gleichmässig bis zur Rothglühhitze erwärmt und in Wasser von 40° Celsius getaucht, muss sich noch im kalten Zustande in einer Curve biegen lassen, deren Radius das 1 $\frac{1}{2}$ -fache seiner Dicke beträgt, ohne zu brechen.

3. Alle Löcher sind zu bohren oder es sind die Platten, wenn sie gelocht werden, auszuglühen.

4. Alle Platten, ausgenommen solche, die auf Compression in Anspruch genommen werden, die ausgebaucht, geflanscht oder überhaupt im Feuer bearbeitet werden, sind nach der Bearbeitung auszuglühen.

5. Die Kessel sind nach deren Fertigstellung einem Probedrucke, der doppelt so gross als der Arbeitsdruck ist, auszusetzen.

Schliesslich wird empfohlen, dass jede Platte, welche die früher erwähnte Probe bestand, mit einem Stempel zu versehen sei.

Diese Resultate umfassen einen grossen Beobachtungskreis und es ist ihnen wohl alle Aufmerksamkeit zu schenken.

In Amerika ist es das Institut der Eisenbahn-Maschinen-Ingenieure (die Master Mechanics Association), welche diesem Gegenstande ihr Hauptaugenmerk zuwendet, und deren Verhandlungen recht interessant sind, wenngleich sie oft die widersprechendsten Ansichten zu Tage fördern.

Wir ersehen, dass Amerika in der Mitte der sechziger Jahre die ersten Versuche mit Stahlkesseln machte; merkwürdigerweise arbeitete man hauptsächlich an der Verwendung von Stahl zu Fireboxen, nachdem gutes Eisen, das nicht spröde und blättrig wird und nicht ausbrennt, nicht zu erhalten war. Im Jahre 1871 sprechen sich noch fast sämtliche Ingenieure gegen die Stahlkessel aus. Die grösste Schwierigkeit seien die Veränderungen, welche der Stahl durch den Temperaturswechsel erleidet, was insbesondere bei Fireboxen der Fall ist; auf der einen Seite der Bleche ist eine hochgradige Schmelzhitze, auf der anderen das kalte Wasser, und so ändert der bekannte Einfluss des Wassers und Feuers nach einiger Zeit die Qualität des Stahles, die Consequenz hievon sei das häufige Reissen der Fireboxplatten, welche Erscheinung in der Regel von einem heftigen Knalle begleitet ist. Diese Risse gehen fast immer von den Stahlbolzen oder Nietlöchern aus und erfolgen einige Zolle über dem Rost; das geschieht bei Kesseln, die von sechs Monaten bis drei Jahre im Dienste stehen, und zumeist, wenn der Kessel mit kaltem Wasser gefüllt werden sollte, oder auch wenn die Maschine schon längere Zeit im Heizhause stand; es kam ein Fall vor, wo der Kessel bereits 18 Stunden im Heizhause stand und während des Verstemmens eines Stahlbolzens ein Riss in 2" Entfernung von demselben entstand.

Am schlechtesten bewähren sich Stahlboxen bei bituminösem Brennstoff, am besten bei Holzfeuerung, deshalb machte Jemand den etwas naiven Vorschlag alle Locomotive mit Stahlboxen für die erste Zeit mit Holz zu heizen.

Man verarbeitete ursprünglich die härtesten Stahlsorten (eigenthümlicherweise nur äusserst wenig Bessemer-Material) erklärte jedoch bald Stahl mit hohem Kohlenstoff- oder Phosphorgehalt, welche beide das Härten begünstigen, für Fireboxen als vollständig unbrauchbar; man müsse das Material durch Erhitzen, Eintauchen in warmes Wasser und Biegen im kalten Zustande zuerst proben; würde das Material hiedurch spröde, so ist es zu verwerfen.

Man griff bald zum Extremen und versuchte die weichsten Stahlsorten, diese gaben jedoch für die Nieten und Stehbolzen wenig Halt, das Material wurde überdies unter den Köpfen durch das Schellen beschädigt, und so waren auch hier die Resultate nicht günstig; dazu kam noch, dass Stahl im Preise höher stand, und das brachte die Stahlerzeuger zur Verzweiflung.

Vielleicht, sagte man, sei nicht die Sprödigkeit des Materials die Ursache des Reissens, sondern es können abnorme Spannungen in demselben vorhanden sein, welche sich auszugleichen trachten. Sei diese Annahme richtig, so müsse ein oftmaliges Ausglühen den Fehler beseitigen; im weiteren Verlaufe gab man dem Materiale überhaupt nicht mehr die Schuld, sondern der Zurichtung der Bleche; man empfahl die Vermeidung aller örtlichen Pressungen, Erhitzungen, Bearbeitung mit Eisenhämmern, dagegen seien alle Löcher zu bohren, die Platten nach jeder Formänderung auszuglühen und nach Angabe von Krupp beim Biegen von  $R$   $\frac{1}{4}$  immer bloß  $\frac{1}{8}$  der Operation (also von 30 zu 30°) zu machen, überhaupt mit skrupulöser Sorgfalt vorzugehen. Dass das Ausglühen und in's Wasser tauchen schädlich auf das Materiale wirke, dem stellt ein Ingenieur wiederholte Versuche entgegen, wo ein Stück Blech in zwei Theile zerschnitten, von welchen einer 50mal erhitzt und immer in Wasser gekühlt wurde; bei dem nachträglichen Biegen, Lochen, Ausdornen verhielten sich beide Theile ganz gleich.

Ein russischer Ingenieur Chernoff will durch Experimente nachgewiesen haben, dass wenn man Stahl von hoher Temperatur langsam und ruhig abkühlt, seine Structur grobkörnig und das Material brüchig wird; er kann jedoch durch Erhitzen und rasches Abkühlen auf einen amorphen, d. h. nicht krystallisirten Zustand und feinkörnigen Structur zurückgeführt werden.

Was den Werth des Bohrens dem Lochen der Bleche gegenüber betrifft, so machen sich hier viele Widersprüche geltend. Einige haben gefunden, dass die Festigkeit der Bleche durch das Lochen um 26%, Andere um 30%, wieder Andere um 33% reducirt wird. Viele behaupten das geschwächte Material bilde nur eine Zone von circa 5<sup>mm</sup> Breite. Man könne wohl die Bleche lochen, wenn man sie nur später auf die verlangte Grösse ausreibt. Wieder Andere sagen, dass wenn der Durchmesser des Loches nicht mehr als die dreifache Blechstärke beträgt, so ist es ganz gleichgiltig. Für Viele ist es ausgemacht, dass das Lochen oder Bohren von gar keinem Einfluss ist, und es gibt Solche, welche gelochte Bleche als widerstandsfähiger bezeichnen. Da alle diese Annahmen sich auf Erfahrung und Versuche stützen wollen, so wäre es wohl sehr schwer, hier das Richtige herauszufinden.

Ueber dieses Thema spricht Dr. Siemens in London vor Fachgenossen Folgendes:

„Es ist bekannt, dass der ausgestossene Putzen nie die Dicke des Bleches hat; es muss daher entweder der Putzen zusammengepresst oder die Differenz zwischen dem Loch-Inhalte und dem Putzen in das umgebende Material der Blechplatte hineingepresst worden sein; nun zeigt der Putzen nach sorgfältiger Wägung dasselbe specifische Gewicht wie die Platte selbst, und es muss sonach die letztere Voraussetzung die richtige sein, und demzufolge muss das Material um das Loch herum auf eine gewisse Zone afficirt worden sein.“

Ein Mitglied derselben Versammlung behauptete, dass diese Alteration des Metalls dadurch bedeutend vermindert werden könne, wenn man zwischen Stempel und Matrize einen grösseren Zwischenraum als üblich lasse, und jener Herr schreibt weiters die durch das Lochen hervorgerufene Reduction in der Widerstandsfähigkeit der Bleche dem Umstande zu, dass das Material an diesen Stellen durch die Pressung oder sonstige moleculare Störungen rissig wird.

Nebst diesen hier angeführten Bedenken ist es noch die Gleichmässigkeit des Metalls, die besonders vermisst wird, indem man sagt, wir brauchen ein gutes, homogenes Material, das eben so verlässlich wie gutes Eisen ist; ein Material, welches man auf gewöhnliche Weise bearbeiten kann, ohne zu fürchten, dass es wie Glas bricht, und welches seine ursprünglichen Eigenschaften nicht ändert.

Die Verhandlungen des amerikanischen Vereines im Jahre 1875 sind für Stahl schon sehr günstig und es wird constatirt, dass es durch erweiterte Kenntnisse möglich war, ein praktisch absolut homogenes Material in grossen Quantitäten für Locomotiv-Kessel zu erzeugen, und dass man dasselbe ohne jegliche Gefahr verwendet; die Brüchigkeit und die mysteriöse Ursache des Reissens scheinen eliminirt zu sein, indem der Stahl nicht nur für Fireboxen, sondern auch für Stahlkessel Anwendung findet.

Im Jahre 1875 ernannte die Master Mechanics Association eine Commission, um den Ursachen des Reissens der Fireboxplatten nachzuforschen.

Diese sehr in's Detail gehende interessante Arbeit findet sich in der „Railroad Gazette“ des Jahres 1876 veröffentlicht; ich begnüge mich daher nur mit einigen kleinen Andeutungen.

Als Beobachtungsbasis dienten 1088 Stahl- und 602 Eisenkessel; es wird hervorgehoben, dass die Herstellungskosten von Stahlkesseln nicht grösser als die der Eisenkessel sind, und dass fast alle Ingenieure den Stahlkesseln den Vorzug geben.

Die Commission sieht die Hauptursache des Reissens in unreinem, Kesselstein absetzenden Speisewasser, denn es ist kein Fall bekannt geworden, dass eine neue, reine Platte gerissen wäre, und doch sind unter den gerissenen Platten selbst solche von grossen Zähigkeit.

Kesselstein ist bekanntlich ein schlechter Wärmeleiter und es werden die Boxbleche einige Zolle oberhalb des Rostes durch die Stichflamme sehr stark erhitzt, was je höher hinauf, desto weniger der Fall ist; das Material will sich demgemäss dort am stärksten ausdehnen, woran es jedoch gehindert ist; es tritt sonach eine Compression ein, welche sich beim Erkalten der Boxwände in Zug verwandelt.

Versuche von Fairbairn haben gezeigt, dass die Elasticität des Stahles bei einer Temperatur von 123°C. schon abnimmt; dagegen wird die absolute Festigkeit von 100 bis 200°C. nicht beeinflusst, sie wird jedoch immer geringer, je höher die Temperatur steigt, bis ein Punct erreicht wird, wo sie gleich Null ist.

Wöhler hat durch Experimente nachgewiesen, dass ein Stahlstab bis zu 40 Tonnen per Quadrat-Zoll (168<sup>ks</sup>) und ohne Folgen bis auf 20 Tonnen sehr oft entlastet werden kann, dass derselbe aber nach wenigen Versuchen bricht, wenn die 40 Tonnen jedesmal gänzlich entfernt werden, oder wenn der Stab abwechselnd in entgegengesetzter Richtung (also auf Druck und Zug) mit bloss 15 Tonnen belastet wird. Es kann sonach eine wechselweise Belastung die absolute Festigkeit um mehr als 50% reduciren.

Hält man sich vor Augen, dass die Fireboxplatten einmal einem Ueberhitzen ausgesetzt sind, wobei eine Inanspruchnahme des Materials auf Compression und Zug durch Erhitzen und Erkalten platzgreift, so ist das Reissen der Platten, abgesehen von anderen Ursachen, leicht begreiflich.

Um diesem Uebelstande abzuhelpen, schlägt die Commission gewellte oder vielmehr nur gefurchte Seitenplatten vor, wodurch Spannungen ausgeglichen werden können, wie sie thatsächlich schon vielfach im Gebrauche stehen.

Vor allem Anderen sei auf reines Speisewasser zu sehen; steht dieses nicht zur Verfügung, so sollen die Kessel so oft als thunlich ausgewaschen werden; desgleichen ist grosse Sorgfalt beim Erhitzen der Bleche bei der Zurichtung anzuwenden, da hierdurch am meisten Material zerstört wird.

Stahlboxen sind 4 bis 7 Jahre im Betriebe.

Die Commission hat ihr Hauptaugenmerk auf das Rissigwerden der Fireboxen gelenkt und hat eine Frage, die uns speciell am meisten interessiren würde, die Corrosionen, nur ganz nebensächlich behandelt.

Es divergiren hier die Meinungen auch ganz bedeutend; Einige behaupten, Stahl corrodirt weniger als Eisen, Andere das Gegentheil; Viele halten den Kohlenstoff als Präservativ gegen Corrosion. Siemens glaubt, der Mangan-Gehalt des Stahles steht wegen seiner grossen Affinität zum Sauerstoff im geraden Ver-

hältniss zur Corrosion; es sei übrigens lange bekannt, dass gewisse Stahlsorten mehr corrodiren als Eisen.

Wir stehen also auch bei dieser Frage noch keineswegs vor einer Lösung.

Somit hätte ich denn das Bemerkenswerthe aus den mir zugänglichen Quellen mitgetheilt und es erübrigt mir nur noch das Gesagte in Kürze zu resumiren:

Wir sehen, dass die Resultate über die Verwendung des Stahles, wenn auch langsam, so doch stetig günstigere geworden sind, und ich glaube, dass dieselben theils durch die Vervollkommnung der Producte, theils durch die richtigere Wahl (wir verarbeiten ja heute zumeist weichere Sorten) und sorgsamere Verarbeitung des Materials erzielt wurden.

Ueberall, wo wir von günstigen Resultaten hören, bilden die skrupulöse Auswahl des Materials, die Durchführung mehrseitiger Proben, und die nachfolgende sorgfältige Zurichtung die Grundlage für den Erfolg. Es ist hiebei nicht zu verkennen, welcher bedeutender Einfluss von der Construction, Versteifung und Verankerung der Kessel, von der Qualität des Speisewassers, von der Dampfspannung und der Wartung der Kessel im Dienste selbst ausgeübt wird.

Vielleicht genügen uns später die heutigen Proben auch nicht mehr; wir werden das Verhalten des Stahles, bei stossweiser Belastung, bei Belastung über die Elasticitätsgrenze und rascher Entlastung, bei Compression und Zug, bei hohen Temperaturen u. s. w. beobachten wollen, bevor wir das Material acceptiren, aber so viel kann wohl mit Recht behauptet werden, dass heute die Vervollkommnung der Producte keineswegs abgeschlossen ist (eben so wenig wie die Ansprüche), und dass es eine nicht zu rechtfertigende Ungläubigkeit wäre, wollte man nicht zugeben, dass es der Wissenschaft gelingen werde, allen Anforderungen Genüge zu leisten, und deshalb glaube ich, ist dem Stahl die Zukunft gesichert.

## Eingesendet.

### Zur Berechnung des mittleren Nivellements-Fehlers.

Auf Seite 77—83 des 30. Jahrganges (1878) dieser Zeitschrift ist eine in mehrfacher Beziehung interessante Nivellements-Ausgleichung des k. k. militär-geographischen Instituts mitgetheilt, welche jedoch bezüglich der Berechnung des „mittleren Fehlers für einen Kilometer einfachen Nivellements“ (S. 81), nach meiner Ansicht, vom Standpunct der Methode der kleinsten Quadrate einer anderen Auffassung zugänglich ist.

Es handelt sich um ein Netz von 11 Höhenpuncten mit 17 Verbindungs-Nivellements, woraus 7 unabhängige Bedingungs-gleichungen folgen. Die Nivellements sind grösstentheils doppelt gemacht, und entsprechend sind für die Mittel aus den Doppel-Nivellirungen die Gewichte  $p = \frac{2}{d}$  angenommen, wo  $d$  die Entfernungen bedeuten, während für die nur einfach nivellirten Strecken (Nr. 16 und 17) die Gewichte  $p = \frac{1}{d}$  angenommen sind. Indem man diese Bezeichnungen anwendet, kann man die Formel für  $m^2$  auf Seite 81 kurz so schreiben:

$$m^2 = \frac{1}{32} (p \ v \ v).$$

Hier ist der Nenner 32 ohne Zweifel entstanden aus 17 + 15, weil die Anzahl der Verbesserungen  $v$  gleich 17 ist, wovon 15 mit

zweifachem Gewichte auftreten. Nach den allgemeinen Regeln für die Ausgleichung bedingter Beobachtungen hat man jedoch als Nenner die Anzahl der unabhängigen Bedingungsungleichungen zu nehmen, d. h. man rechnet:

$$m^2 = \frac{1}{7} (p v v),$$

woraus  $m = \pm 3.25^{\text{mm}}$ .

Dieses ist der mittlere Fehler eines einfachen Nivellements von  $1^{\text{km}}$  Länge. Der mittlere Fehler eines Doppel-Nivellements (wie es grösstentheils in die Nutzausgleichung eingeht) von  $1^{\text{km}}$  Länge ist entsprechend:

$$m' = \frac{m}{\sqrt{2}} = \pm 2.3^{\text{mm}}.$$

Karlsruhe, 26. April 1879.

Professor Jordan.

### Gegenbemerkung

auf das „Eingesendet“ des Herrn Professor Dr. Jordan.

Die aus wiederholten Beobachtungen gezogenen mittleren und wahrscheinlichen Nivellements-Fehler unterscheiden sich bekanntlich von denjenigen Fehlern, die sich auf den polygonalen Abschlüssen ergeben, und diese letzteren allein sollen laut Beschlusse der 3. allgemeinen Conferenz der europäischen Gradmessung\*) bei Präcisions-Nivellements zu Grunde gelegt werden.

Weder bezüglich des angezogenen Unterschiedes, noch rücksichtlich dessen, was durch den eben erwähnten Beschluss beabsichtigt wird, ist hier eine Auseinandersetzung nothwendig.

In dem, in den „Astronomischen Nachrichten“ 1875, Band 86, Nr. 2052, erschienenen Aufsatz: „Ueber Fehlerbestimmung und Ausgleichung eines geometrischen Nivellements“ hat Herr General-Lieutenant Dr. Baeyer, den eben citirten Beschluss der 3. allgemeinen Conferenz anziehend und theilweise erläuternd, die nachstehende Gleichung (dort 24) zur Rechnung des mittleren Fehlers per Kilometer angeführt:

$$s = \frac{1}{n} \left( \frac{v v}{s} + \frac{v^1 v^1}{s^1} + \dots + \frac{v^{n-1} v^{n-1}}{s^{n-1}} \right)$$

worin  $v, v^1, \dots, v^{n-1}$  die Verbesserungen nach der Ausgleichung bedeuten.

Der Begriff dieses mittleren Fehlers  $s$  geht unmittelbar aus dem Ausdrucke desselben hervor; er ist die mittlere Verbesserung per Kilometer ein- oder  $m$ -fachen Nivellements, je nachdem sich die Verbesserungen  $v, v^1, \dots, v^{n-1}$  auf ein ein- oder  $m$ -faches Nivellement im Polygon beziehen und dieser mittlere Fehler hat rücksichtlich seiner Grösse nach dem Beschlusse der 3. allgemeinen Conferenz  $3^{\text{mm}}$  nicht zu überschreiten.

Beziehen sich die Verbesserungen  $v, v^1, \dots, v^{n-1}$  auf ein  $m$ -faches Nivellement im Polygon, so erhält man die mittlere Verbesserung per

\*) Siehe: „Generalbericht der europäischen Gradmessung für das Jahr 1871“, zugleich Bericht über die 3. allgemeine Conferenz in Wien etc. Seite 96.

Kilometer, welche bei einem einfachen Nivellement zu befürchten ist, durch:

$$s = \frac{m}{n} \left( \frac{v v}{s} + \frac{v^1 v^1}{s^1} + \dots + \frac{v^{n-1} v^{n-1}}{s^{n-1}} \right)^*.$$

Daher hat auch Herr Director Dr. Bauernfeind in der 4. Mittheilung über das bayerische Präcisions-Nivellement, in welcher bekanntlich das bayerische geometrische Höhennetz nach vier verschiedenen Verfahren ausgeglichen ist, in allen diesen Fällen den mittleren Nivellement-Fehler  $m$  nach der oben citirten Gleichung 24 — bei ihm (10) — gerechnet\*\*), da eben dieser mittlere Fehler, bezüglich seiner Grösse, nach dem schon mehrfach erwähnten Beschlusse der 3. allgemeinen Conferenz zu beurtheilen ist.

Das zweite der oben angezogenen vier Ausgleichsverfahren ist sogar jenes, welches Herr Professor Dr. Jordan in §. 89, Seite 182 u. ff. seines Taschenbuches der praktischen Geometrie gegeben hat, und es dürfte daher Herrn Professor Dr. Jordan gewiss aufgefallen sein, dass Herr Director Dr. Bauernfeind nicht auch die in §. 10 (oder §. 13) stehenden und Allen wohlbekannten Formeln zur Rechnung des mittleren Nivellements-Fehlers angewendet hat.

In dem Aufsatz: „Die Präcisions-Nivellements in und um Wien“ („Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins“, Jahrg. 1878, Heft 6 und 7) wollte man ebenfalls den mittleren Fehler (die mittlere Verbesserung) per Kilometer im Sinne der obengenannten Gleichung (24) rechnen und ist hiebei in der That ein hier bereits bekannt gewesener Fehler unterlaufen.

Es muss nämlich statt 32 der Nenner 17, und nicht nach Angabe des Herrn Professors Dr. Jordan der Nenner 7 stehen, was nach den obigen Ausführungen zweifellos sein wird\*\*\*).

Mit diesem erhält man den mittleren Fehler (die mittlere Verbesserung) per Kilometer einfachen Nivellements

$$m = \pm 2.09^{\text{mm}}.$$

Zum Schlusse sei nicht unerwähnt gelassen, dass durch das Hinschreiben des vollen Ausdruckes für  $m^2$  angedeutet werden sollte, welcher Begriff dem dort gerechneten mittleren Fehler per Kilometer zu unterlegen sei, da im anderen Falle die explicite Darstellung von  $m^2$  wohl überflüssig gewesen wäre†).

Wien, am 4. Mai 1879.

\*) Siehe den oben citirten Aufsatz des Herrn General-Lieutenant Dr. Baeyer in den „Astronomischen Nachrichten“.

\*\*) Das vierte Verfahren daselbst ist ein Näherungsverfahren von Herrn Professor Dr. Bauernfeind selbst; siehe „Näherungsverfahren zur Ausgleichung der zufälligen Beobachtungsfehler in geometrischen Höhennetzen von Dr. C. M. Bauernfeind“. Aus den Sitzungsberichten der mathem.-physik. Classe der Akademie der Wissenschaften. 1876, 3. Die Gleichung (30) dort ist übereinstimmend mit den hier in Rede stehenden (24) und (10).

\*\*\*) Bei Gelegenheit der Veröffentlichung des Nivellements: St. Stefandom — „0“-Strich des Donauegels an der Ferdinandsbrücke — Franz Josefs-Bahnhof, dessen Ausführung in dem obigen Aufsatz angekündigt wurde, sollte und soll nebst anderen Berichtigungen für den Text und die Skizze auch dieser Fehler richtig gestellt werden.

†) Diese Gegenbemerkung der Triangulirungs-Direction des k. k. militär-geogr. Institutes wurde vor Veröffentlichung Prof. Dr. Jordan mitgetheilt.







Fig 1

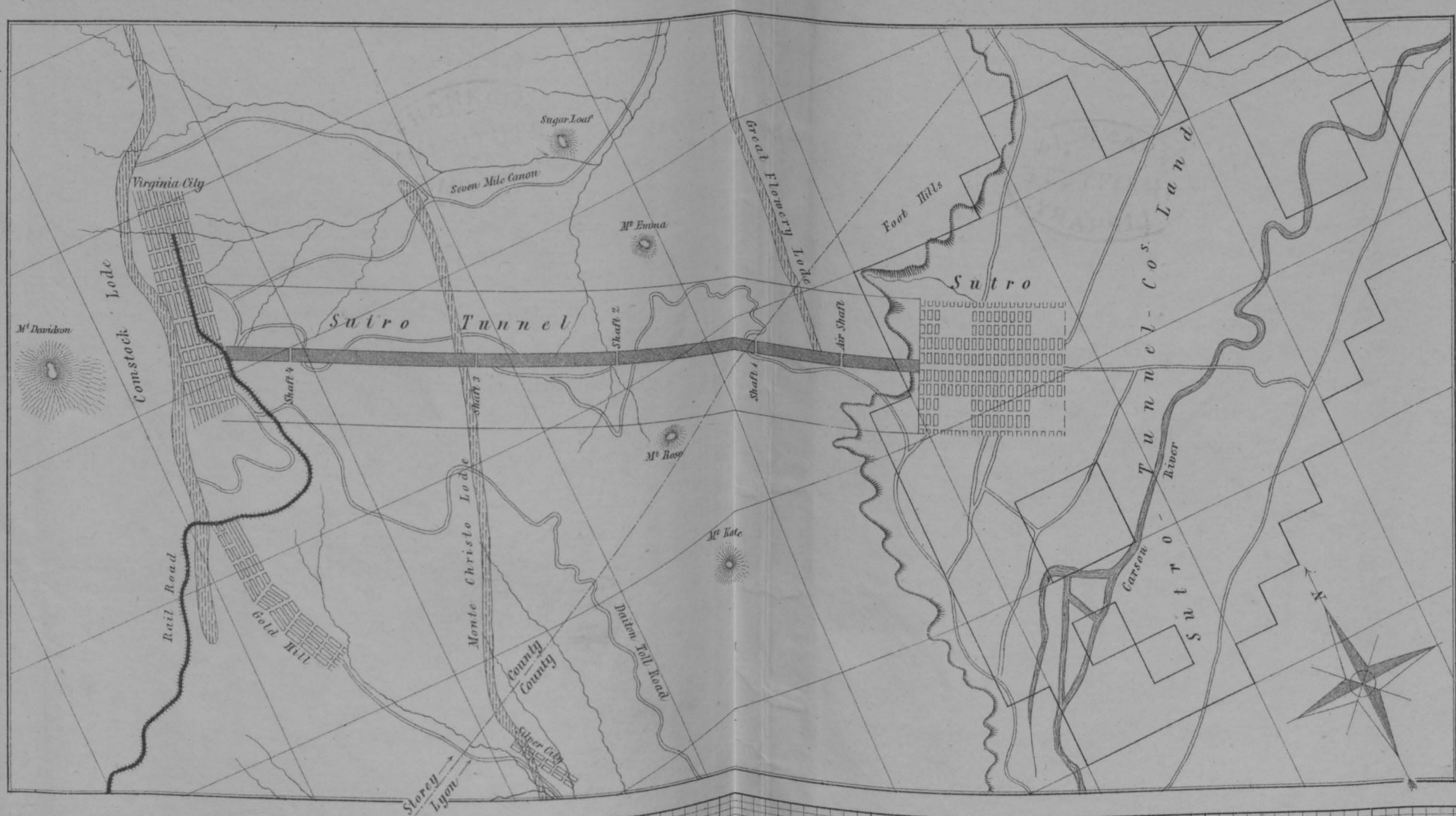
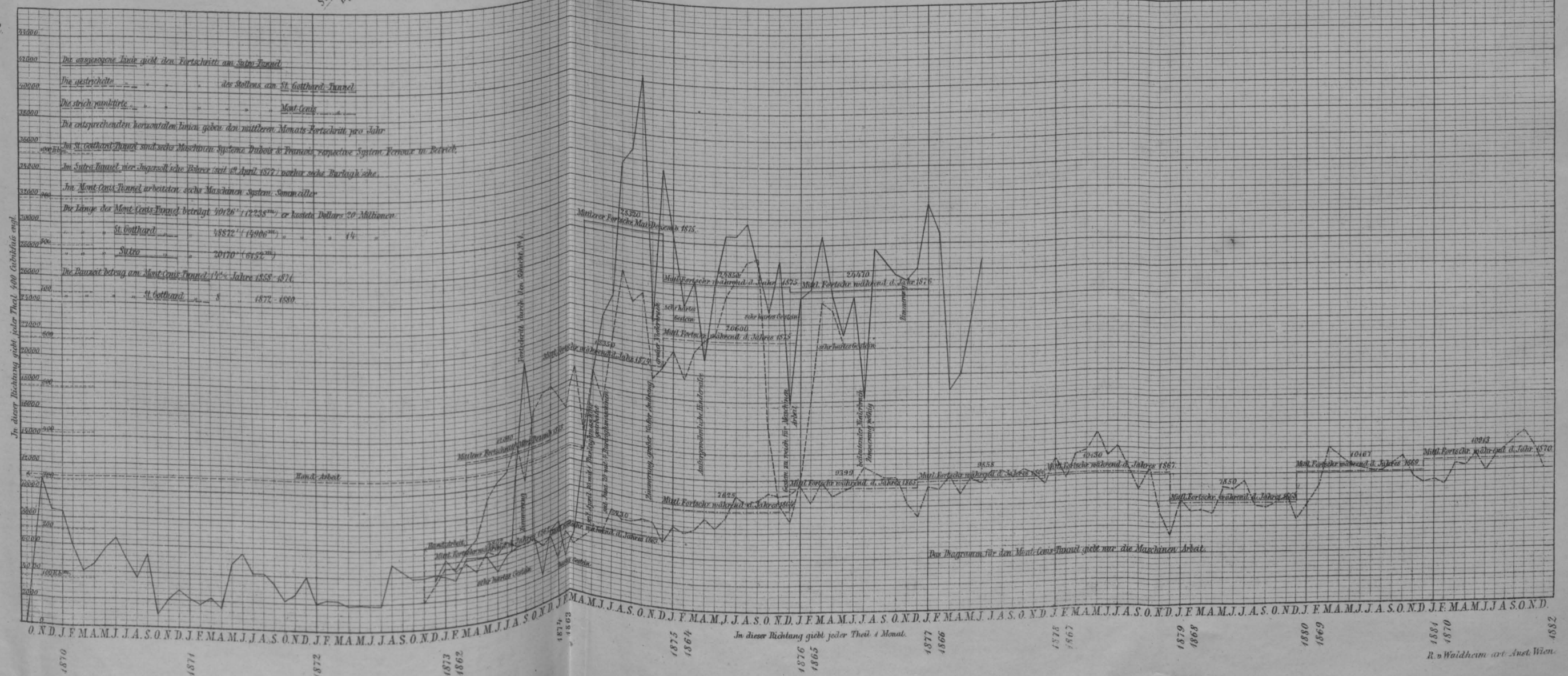


Fig 2

GRAPHISCHE DARSTELLUNG  
des  
MONATLICHEN FORTSCHRITTES  
(in Kb' à 0'028 Kb<sup>m</sup>)  
am „Mont-Cenis-Tunnel“ (Bardonnich),  
„St Gotthard-Tunnel“ (Göschenen)  
und Sutro-Tunnel.

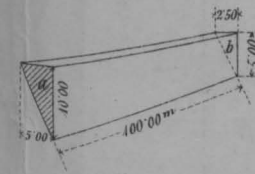




# GRAPHISCHE DARSTELLUNG

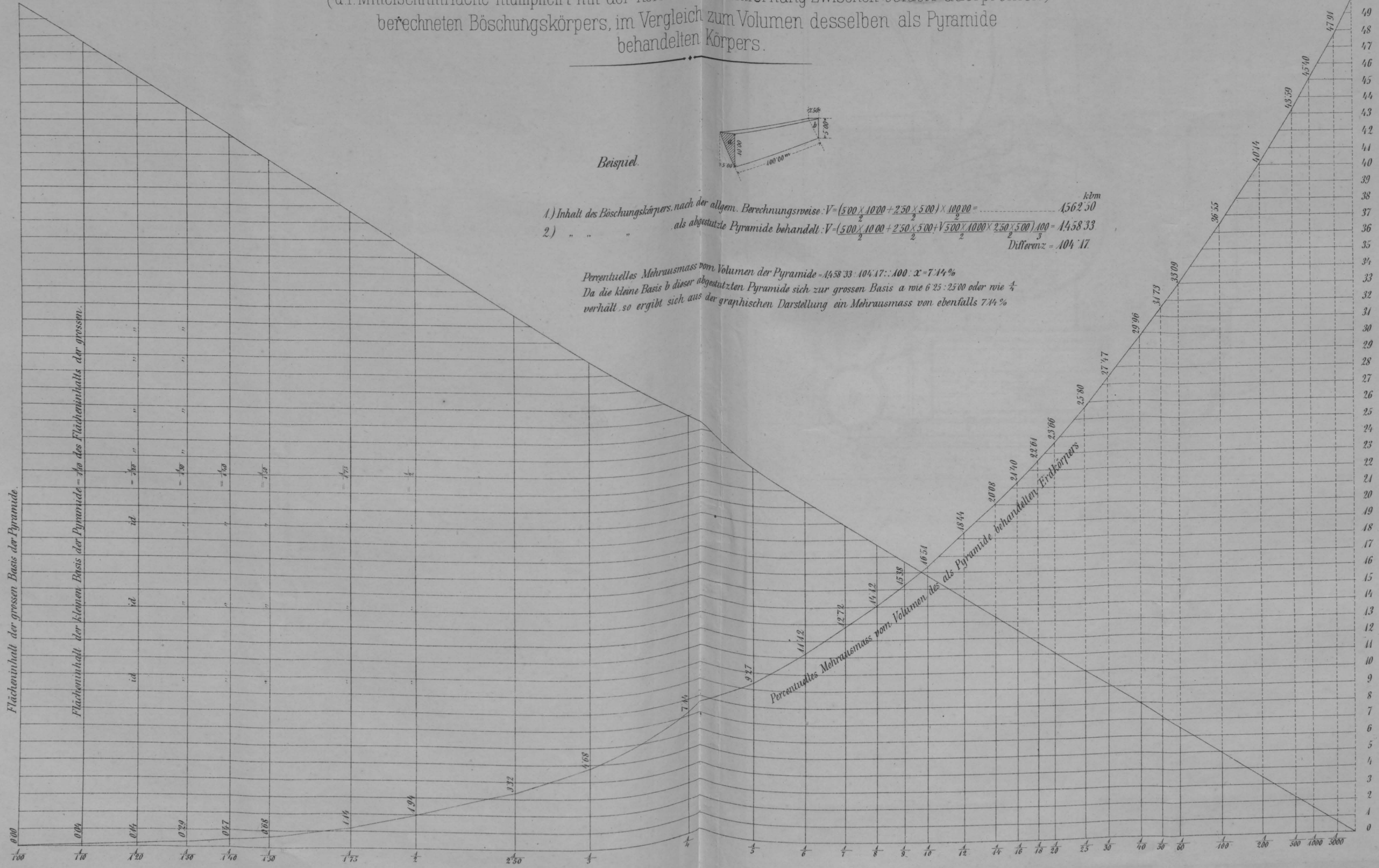
des percentuellen Mehrausmasses eines nach der allgemein gebräuchlichen Methode  
(d.i. Mittelschnittfläche multiplicirt mit der horizontalen Entfernung zwischen beiden Querprofilen.)  
berechneten Böschungskörpers, im Vergleich zum Volumen desselben als Pyramide  
behandelten Körpers.

Beispiel.



- 1.) Inhalt des Böschungskörpers nach der allgem. Berechnungsweise:  $V = \frac{(5.00 \times 10.00 + 25.00 \times 5.00)}{2} \times 100.00 = 1562.50$  <sup>cbm</sup>  
2.) " " " als abgestutzte Pyramide behandelt:  $V = \frac{(5.00 \times 10.00 + 25.00 \times 5.00 + \frac{5.00 \times 10.00 \times 25.00 \times 5.00}{3})}{2} \times 100 = 1458.33$   
Differenz = 104.17

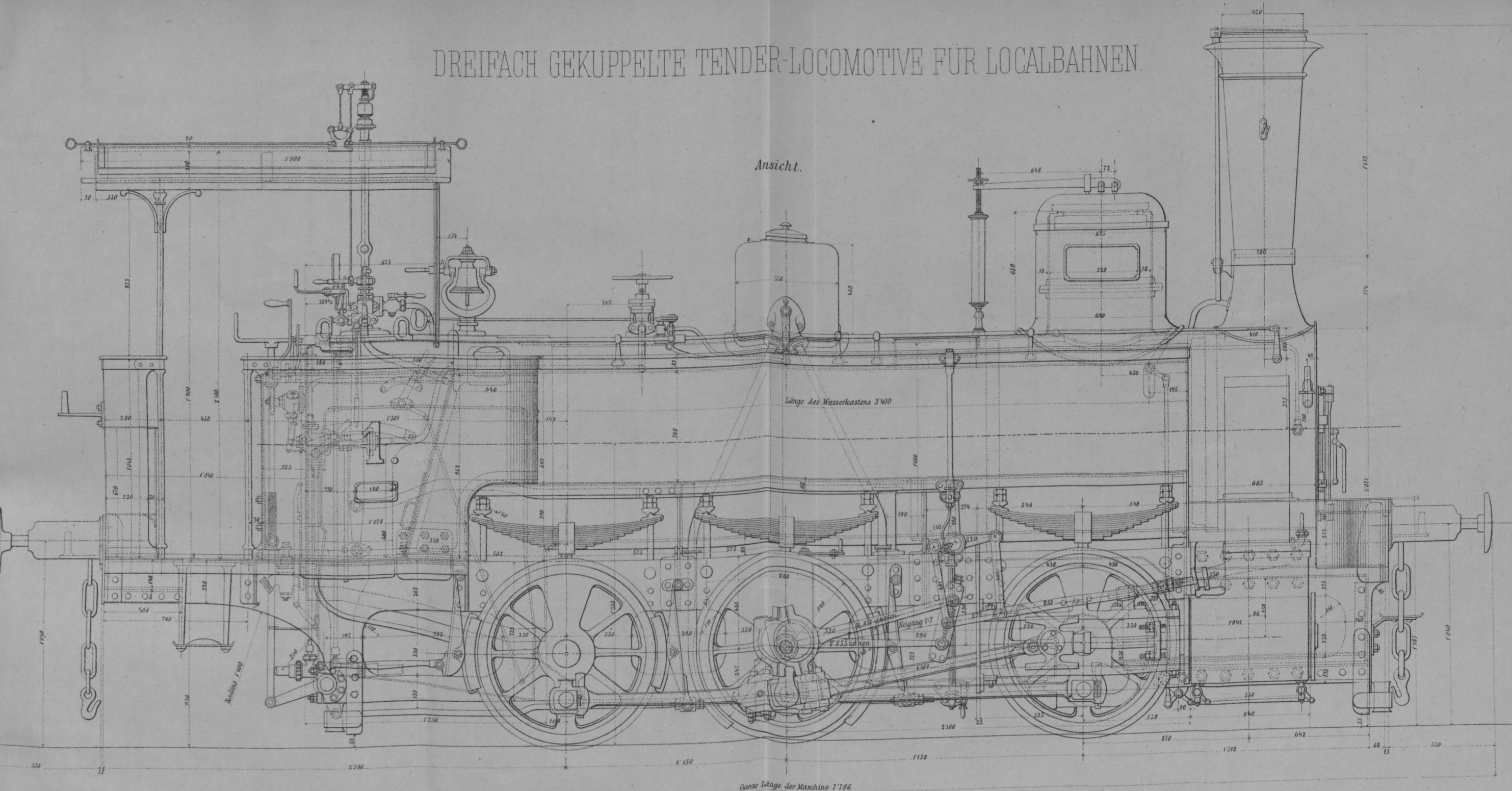
Percentuelles Mehrausmass vom Volumen der Pyramide =  $104.17 : 1458.33 \times 100 = 7.14\%$   
Da die kleine Basis b dieser abgestutzten Pyramide sich zur grossen Basis a wie 6.25 : 25.00 oder wie  $\frac{1}{4}$  verhält, so ergibt sich aus der graphischen Darstellung ein Mehrausmass von ebenfalls 7.14%



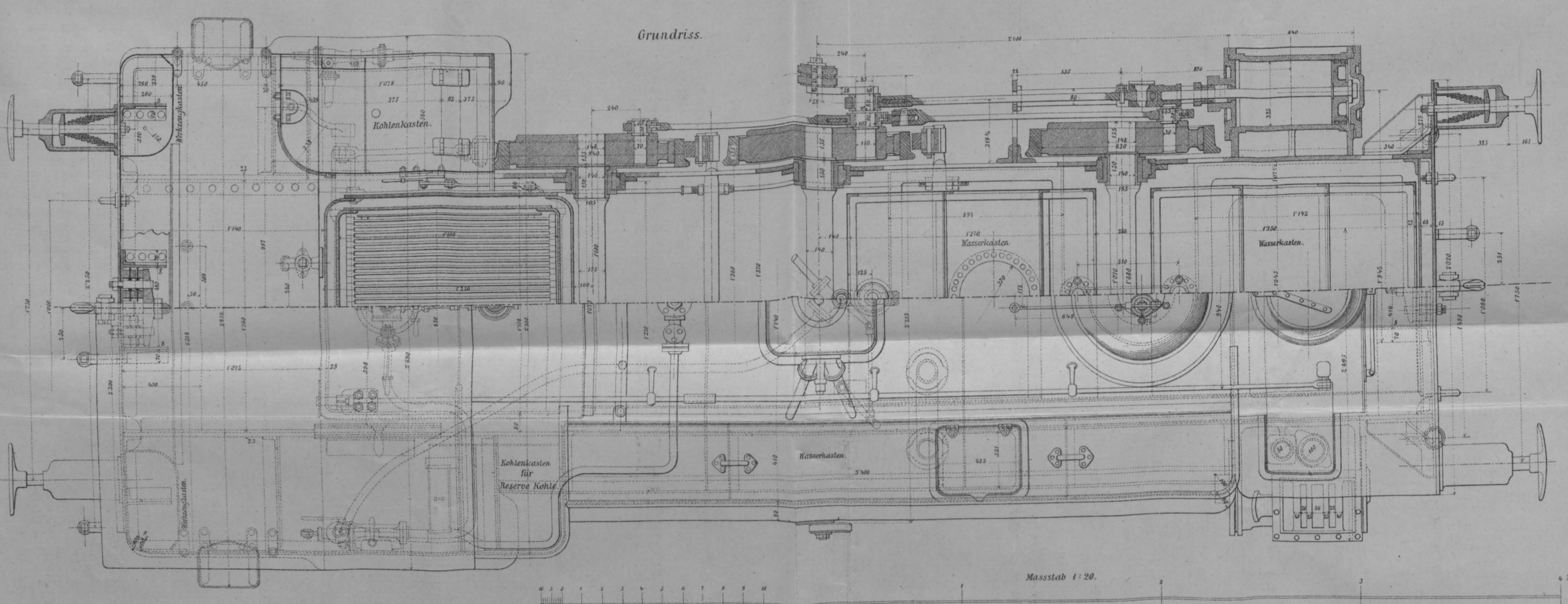


# DREIFACH GEKUPPELTE TENDER-LOCOMOTIVE FÜR LOCALBAHNEN.

Ansicht.

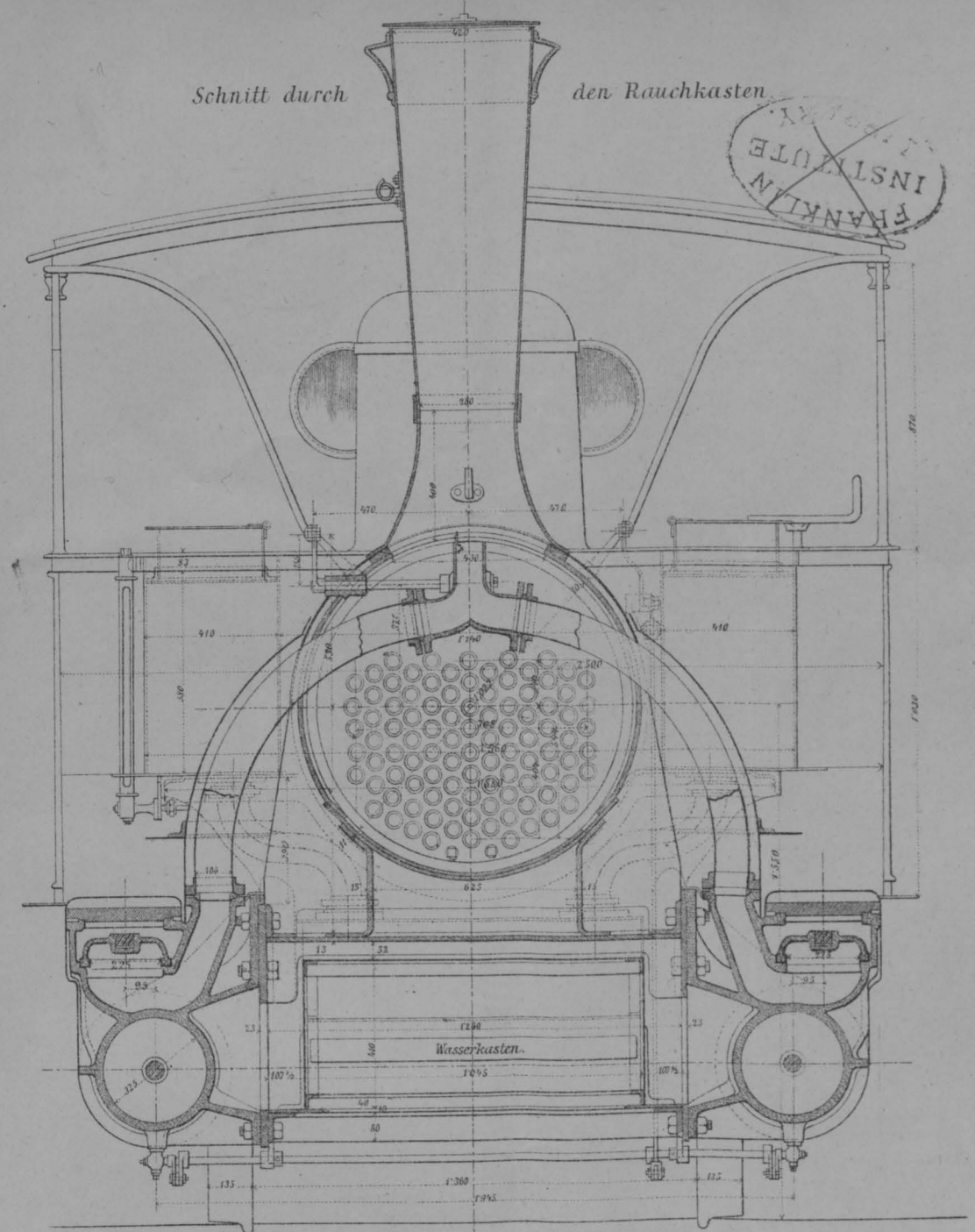


Grundriss.

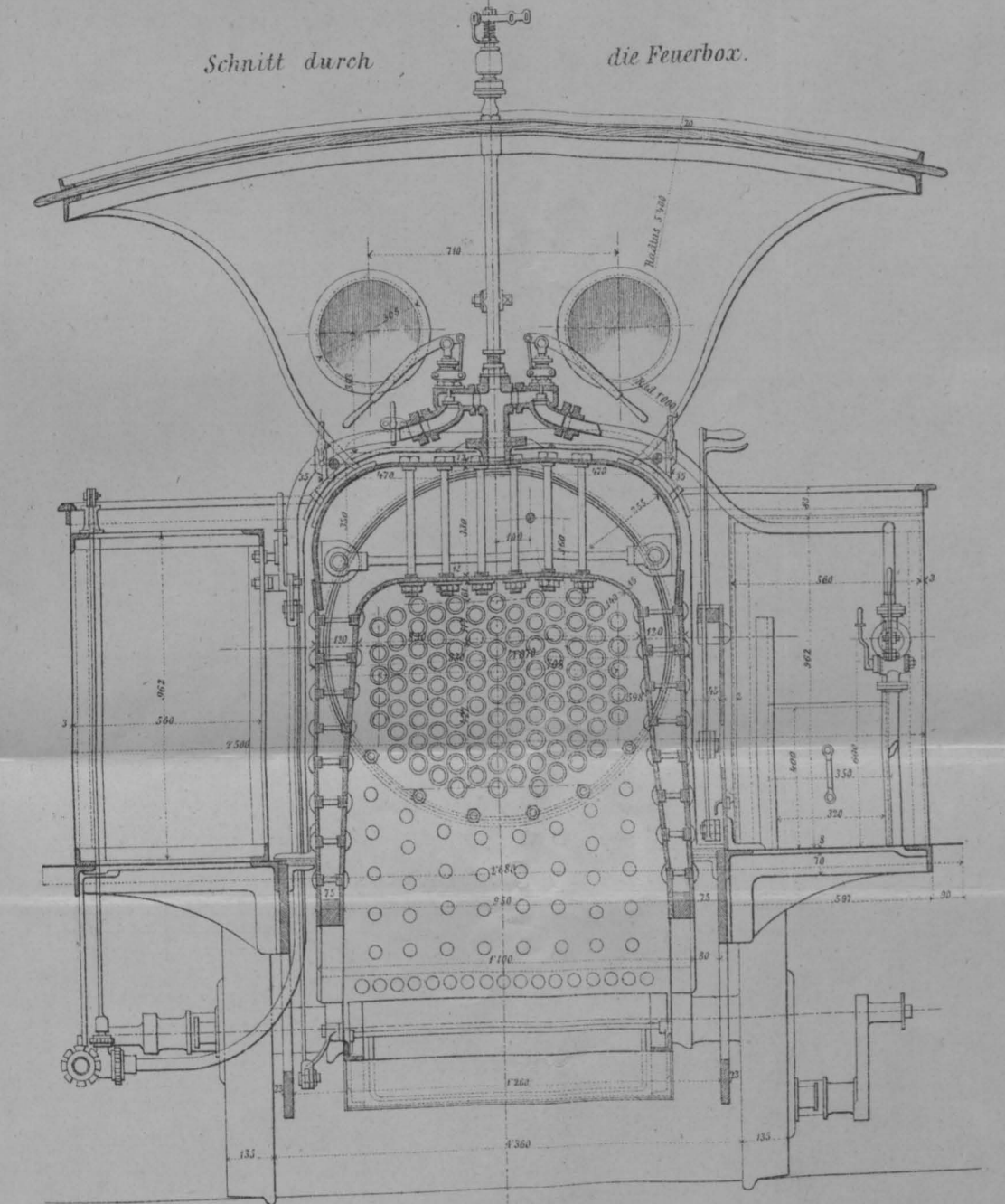


Maßstab 1:20.

Schnitt durch den Rauchkasten.



Schnitt durch die Feuerbox.



R. v. Waldheim arch. Anst. Wien.